



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Centre de la Imatge i la Tecnologia Multimèdia

# MODELATGE, TEXTURITZACIÓ I IL·LUMINACIÓ D'UNA CÀMERA FOTOGRAFICA ANTIGA.

Treball Final de Grau

Grau en Multimèdia

**Cognoms:** Castells Vila    **Nom:** Bernat

Pla: 2009

**Director:** Miquel Bigas

## RESUM

El present projecte tracta de la creació d'un model en 3D d'una càmera antiga de reportatge utilitzada a voltants del segle XIX. Aquest model s'hi apliquen totes les textures creades des de zero amb eines i metodologies específiques. Finalment el propi model creat i texturitzat és il·luminat amb les condicions reals de llum i renderitzat per aconseguir el nivell màxim de realisme. La focalització i objectius d'aquest treball és per tant, el modelatge 3D, texturització i il·luminació, tot en un entorn 3D i virtual, amb l'objectiu principal d'obtenir un resultat idèntic a la imatge real fotografiada. L'abast del treball ve limitat per el coneixement disponible sobre els camps necessaris, que en el meu cas podríem qualificar-ho amb una nota de 4,5 en una escala del 0 al 10, per tant, darrere el resultat final existeix una bona part d'adquisició de coneixement i tècniques prèviament no conegudes.

## **PARAULES CLAU**

3D, modelatge, texturització, 3Ds Max, renderitzat, cinema 4D, càmera, il·luminació.

# ÍNDEX

<b>Resum</b> .....	2
<b>Paraules Clau</b> .....	3
<b>Índex</b> .....	4
<b>Índex de taules</b> .....	6
<b>Índex de figures</b> .....	7
<b>Glossari</b> .....	11
<b>1. Introducció</b> .....	12
1.1. Motivació .....	12
1.2. Formulació del problema .....	12
1.3. Objectiu general .....	13
1.4. Objectius específics .....	13
1.5. Abast del projecte .....	14
1.5.1. Limitacions i obstacles .....	14
1.5.2. Target i hipotètics beneficiaris .....	15
<b>2. Estat de l'art</b> .....	16
2.1. CGI .....	16
2.1.1. Aplicacions del CGI .....	17
2.2. Tècniques de representació 3D .....	23
2.2.1. Modelatge per vistes .....	23
2.2.2. Escàner 3D .....	26
2.2.3. Fotogrametria .....	28
2.2. Texturització, il·luminació i renderitzat .....	33
2.4 . Informació històrica de la càmera .....	36
2.3. Anàlisi exemple real .....	36
<b>3. Planificació</b> .....	37
3.1. Anàlisi de riscos i pla de contingències .....	37
3.2. Anàlisi inicial dels costos .....	38
3.3. Eines per a la gestió .....	40
<b>4. Metodologia</b> .....	42
4.1. Eines per el seguiment del projecte .....	43
4.2. Eines de validació .....	44

5. Desenvolupament del projecte .....	45
5.2. Preproducció.....	45
Selecció de la càmera.....	45
Fotografies.....	46
Preparació imatges referència i escena 3d .....	51
5.3. Producció .....	53
Modelatge .....	53
Texturització .....	62
Il·luminació i renderitzat.....	77
5.3. Postproducció .....	83
6. Conclusions i treballs futurs.....	94
7. Bibliografia.....	95
7. Annexos .....	96

# ÍNDIX DE TAULES

Taula 2.2.3.1 .....28

Taula comparativa dels mètodes de escaneig 3D per triangulació i *Time of Flight* contra la fotogrametria.

	Escáner triangulación <i>Triangulating Scanner</i>	Escáner (tiempo de vuelo) <i>Laser Scanner (time of flight)</i>	Fotogrametría automatizada <i>Automated photogrammetry</i>
Coste económico <i>Economic cost</i>	Medio <i>Medium</i>	Alto <i>High</i>	Bajo <i>Low</i>
Tiempo elaboración <i>Implementation time</i>	Muy alto <i>Very long</i>	Alto <i>Long</i>	Bajo <i>Short</i>
Dificultad <i>Level of difficulty</i>	Alta <i>High</i>	Alta <i>High</i>	Baja <i>Low</i>
Tiempo postproducción <i>Post-production time</i>	Muy alto <i>Very long</i>	Muy alto <i>Very long</i>	Bajo <i>Short</i>
Precisión <i>Level of accuracy</i>	Muy alta <i>Very high</i>	Alta <i>High</i>	Alta <i>High</i>
Resultado <i>Results</i>	Óptimo <i>Optimum</i>	Óptimo <i>Optimum</i>	Óptimo <i>Optimum</i>
Mejor aplicación <i>Best application</i>	Proximidad <i>Close up</i>	Media y larga distancia <i>Medium-long distance</i>	Complementario <i>Complementary</i>
Peor aplicación <i>Worst application</i>	Grandes objetos o de difícil acceso <i>Large objects or ones that are difficult to access</i>	Objetos pequeños y con detalle <i>Small, detailed objects</i>	Objetos sin cambio tonal <i>Objects without tonal variation</i>

Nota: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/27416/1408-3836-1-SM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

# ÍNDIX DE FIGURES

Fig. 2.1.1 – Fotograma de la pel·lícula <i>Deadpool</i> (2016), la qual és generada per ordinador.....	16
Fig. 2.1.1.1 – Richard Parker, el tigre de <i>“Life of Pi”</i> (2012), i les malles en 3D de la barca i l’animal .....	17
Fig. 2.1.1.2 – Implant cranial generat per ordinador .....	18
Fig. 2.1.1.3 – Recreació d’un accident de tràfic .....	18
Fig. 2.1.1.4 – Simulació del flux d’aire dins un motor de tractor .....	18
Fig. 2.1.1.5 – Simulació del funcionament d’un motor d’explosió de dos temps .....	18
Fig. 2.1.1.6 – Recreació del Coliseu de Roma.....	19
Fig. 2.1.1.7 – Estàtues que ofereix el museu del Louvre en 3D .....	19
Fig. 2.2.3.2 –Resultat obtingut amb el programa Autodesk ReCp 360 .....	30
Fig. 2.2.3.3 –Interfície del programa <i>3DF Zephyr Photogrammetry</i> .....	31
Fig. 2.2.3.4 – Model representat mitjançant <i>3DF Zephyr Photogrammetry</i> . Model amb resolució màxima (2,3 milions de polígons).....	32
Fig. 2.3.1 – Desplegament de la superfície d’un objecte en dues dimensions.....	33
Fig. 2.3.2 – Diferència entre una textura amb relleu i una sense .....	34
Fig. 2.3.3 – Mapes de textura PBR.....	34
Fig. 2.3.4 – <i>Workflow</i> on es veuen els diferents mapes PBR .....	35
Fig. 2.3.1 – Treball de Martin Vaikma a Behance.....	36
Fig. 3.1.1 – Pla de contingències.....	37
Fig. 3.2.1 – Costos.....	38
Fig. 3.2.2 – Seguiment hores i costos .....	39
Fig. 3.3.1 – Distribució inicial de les tasques.....	40
Fig. 3.3.2 – Diagrama de Gantt .....	41
Fig. 4.1.1 – Diagrama de Gantt .....	43
Fig. 4.1.2 – Aspecte actual (23 abril) del Diagrama de Gantt.....	44
Fig. 5.2.1 – Diferents models a escollir .....	45
Fig. 5.5.2 – Model escollit. <i>Hermagis – Field Camera</i> .....	46
Fig. 5.2.2 – Esquema de llum utilitzat .....	48
Fig. 5.2.3 – Set del estudi.....	49
Fig. 5.2.4 – Ajustos de la càmera .....	49
Fig. 5.2.5 – Fotografies detall.....	50
Fig. 5.2.6 – Imatge referenciada mètricament .....	50

Fig. 5.2.6 – Alineament de les imatges de referència. ....	51
Fig. 5.2.7 – Preparació escena 3D.....	51
Fig. 5.2.7 – Reajustament vistes per fer-les coincidir .....	52
Fig. 5.3.1 – Modelatge mitjançant el modificador <i>Edit Poly</i> .....	53
Fig. 5.3.2 – Modelatge mitjançant el modificador <i>Edit Poly 2</i> .....	54
Fig. 5.3.3 – Diferents afectacions dels <i>Support Edges</i> utilitzant el modificador <i>TurboSmooth</i> ....	55
Fig. 5.3.4 – Peça de la càmera, esquerra sense modificar, dreta amb modificador <i>TurboSmooth</i> .....	55
Fig. 5.3.5 – Forats i obertures d’una peça determinada. ....	56
Fig. 5.3.6 – Funcionament Script <i>Regularize Loop</i> .....	56
Fig. 5.3.7 – Funcionament del Script <i>Rapid QCap</i> .....	57
Fig. 5.3.8 – Modificador <i>Symmetry</i> a partir d’un quart del model.....	58
Fig. 5.3.8 – Modificador <i>Shell</i> .....	58
Fig. 5.3.9 – Estadístiques finals del model .....	59
Fig. 5.3.10 – Model de la càmera finalitzat.....	59
Fig. 5.3.11 – Model sencer finalitzat. Vista de tres quarts posterior .....	60
Fig. 5.3.12 – Model sencer finalitzat. Detall rodeta .....	60
Fig. 5.3.13 – Model sencer finalitzat. Detall objectiu.....	61
Fig. 5.3.13 – Desplegament de la malla mitjançant el modificador <i>Unwrap UVW</i> .....	62
Fig. 5.3.14 – Desplegament de la malla mitjançant el modificador <i>Unwrap UVW- 2</i> .....	63
Fig. 5.3.15 – Conjunt de peces importat a <i>Substance Painter</i> .....	64
Fig. 5.3.16 – Diferència de material amb màxim o mínim nivell de metallitat.....	65
Fig. 5.3.17 – Diferència de material amb màxim o mínim nivell de rugositat.....	65
Fig. 5.3.18 – Diferència de material amb màxim o mínim mig de <i>Height</i> .....	66
Fig. 5.3.19 – Conjunt de capes d’un sol material .....	66
Fig. 5.3.20 – Diferents models de màscares intel·ligents.....	67
Fig. 5.3.21 – Ajustos de les màscares intel·ligents .....	67
Fig. 5.3.22 – Alguns dels pinzells disponibles oferts per el mateix programari.....	68
Fig. 5.3.23 – <i>Alphas</i> que ofereix el programa .....	68
Fig. 5.3.24 – <i>Stencil</i> en execució .....	69
Fig. 5.3.25 – Importació model a texturitzar. ....	69
Fig. 5.3.26 – Imatge referència per analitzar materials. ....	70
Fig. 5.3.28 – Aspecte material base daurat.....	70
Fig. 5.3.27 – Propietats material base. ....	70



Fig. 5.3.29 – Propietats material pintura negra .....	71
Fig. 5.3.30 – Aspecte material base negra .....	71
Fig. 5.3.31 – Aspecte del objecte amb la màscara intel·ligent aplicada. ....	72
Fig. 5.3.32 – Pinzell utilitzat per afegir pols .....	72
Fig. 5.3.33 – Material amb pols i brutícia afegida .....	73
Fig. 5.3.35 – <i>Stencil</i> amb números d'augments .....	73
Fig. 5.3.34 – <i>Stencil</i> amb lletres frontals .....	73
Fig. 5.3.36 – Característiques material dels <i>Stencils</i> .....	74
Fig. 5.3.37 – Resultat final Plantilles. ....	75
Fig. 5.3.38 – Capes finals de la textura del objectiu .....	75
Fig. 5.3.39 – Quadre de diàleg per exportar les textures .....	76
Fig. 5.3.40 – Mapes PBR que consoliden una textura .....	77
Fig. 5.3.41 – Composició dels diferents mapes de textura en un sol material .....	78
Fig. 5.3.42 – Esquema de llum per les vistes isomètriques .....	79
Fig. 5.3.42 – Paquets amb els elements de cada escena .....	79
Fig. 5.3.43 – Diferents fonts de llum que comprenen una escena .....	80
Fig. 5.3.44 – Exemple de desenfocament per la profunditat de camp .....	80
Fig. 5.3.45 – IPR en funcionament .....	81
Fig. 5.3.46 – Aberració cromàtica .....	83
Fig. 5.3.47 – Filtre de perfilament i contrast .....	84
Fig. 5.3.48 – Filtre de granulat .....	84
Fig. 5.3.48 – Ajustaments d'il·luminació. ....	85
Fig. 5.3.49 – Vista posterior .....	86
Fig. 5.3.50 – Vista frontal .....	86
Fig. 5.3.52 – Vista lateral esquerra .....	87
Fig. 5.3.53 – Vista lateral dreta .....	87
Fig. 5.3.54 – Vista superior .....	88
Fig. 5.3.55 – Vista tres quarts frontal .....	88
Fig. 5.3.56 – Vista tres quarts posterior .....	89
Fig. 5.3.57 – Vista tres quarts inferior .....	89
Fig. 5.3.58 – Vista detall disparador .....	90
Fig. 5.3.59 – Vista detall objectiu .....	90
Fig. 5.3.60 – Vista detall rodeta .....	91
Fig. 5.3.61 – Vista detall rodeta .....	91

Fig. 5.3.61 – Vista detall cantonada .....	91
Fig. 5.3.62 – Vista detall nansa .....	92
Fig. 5.3.63 – Comparació de imatges CGI amb les imatges reals.....	93

## GLOSSARI

**Rigging:** És el procés en el qual construïm un esquelet amb les seves cadenes i ossos per tal que funcionin segons les nostres necessitats. Aquest sistema de controls digitals s'agrega a un model 3D per tal de que pugui ser animat fàcil i eficientment.

**Renderitzar:** És el procés per referir-se a la generació d'una imatge o vídeo mitjançant el càlcul de la il·luminació partint d'una escena o model 3D

**Scripts:** És un llenguatge de programació que interacciona amb aplicacions, són fitxers de text que contenen llenguatges de marcatge específics. En 3D s'utilitzen per afegir funcions extres del propi software.

**cloud computing:** És un servei que ofereix serveis computacionals mitjançant una xarxa informàtica, no acostuma a ser internet. Per exemple, utilitzant *cloud computing*, es podria renderitzar una escena 3D a un ordinador situat a la altre punta del món.

**Topologia:** Parlem de topologia quan ens referim a la distribució dels polígons generats per crear un model 3D sobre la malla. Una correcta topologia és un element molt important per si es vol texturitzar o animar correctament.

**Quads:** Els quads són un tipus de polígons que conformen una malla poligonal d'un model 3D. Són polígons de quatre costats, són els més aconsellats utilitzar a la hora de modelar poligonalment.

# 1. INTRODUCCIÓ

## 1.1. MOTIVACIÓ

La principal motivació d'aquest TFG ve donada principalment pel meu interès personal en els camps que es tracten en l'execució d'aquest treball. Un altre aspecte important, des d'un punt de vista personal, és el fet que vull utilitzar aquells coneixements que se'm donen millor i que m'agraden, poder aplicar-los i focalitzar-los en un sol objectiu per aconseguir un resultat atractiu i satisfactori.

Aquests coneixements, cal remarcar que els hi falta una bona part de pràctica i aprenentatge; manquen d'una posada en escena com és degut, i aquest motiu conjuntament amb l'anterior, comprèn la motivació d'aquest treball final de grau.

## 1.2. FORMULACIÓ DEL PROBLEMA

El problema que cal resoldre és el següent:

- Modelar, texturitzar, il·luminar i renderitzar un objecte generat per ordinador el qual sigui idèntic a una càmera real del segle XIX.

El problema, pot ser desglossat en varies subcategories o subproblemes:

1. Generar poligonalment un model amb eines de software 3D a partir d'imatges dels diferents perfils de la càmera real.
2. Crear les imatges de textures les quals abraçaran el model generat anteriorment per tal de donar color al model, sempre obeint i seguint els aspectes de l'objecte real.
3. Replicar la il·luminació real, mitjançant motors de renderitzat específics i eines de il·luminació determinades.
4. Treballar sempre en un entorn 3D.
5. Obtenir un resultat idèntic a la realitat de la càmera.

Un altre problema que comprèn el treball, ve relacionat amb el nivell d'actuació que dispo de les eines que essencialment són les necessàries per a la realització del objectiu final.

Atenent a la resolució dels problemes plantejats, cal remarcar que aquest conjunt de problemes han estat resolts prèviament per altres persones que, en algun moment o altre, els han solucionat com han cregut de la millor manera, és a dir, que les resolucions que existeixen arreu, independentment de l'objectiu específic a que es vulgui arribar, el procediment a realitzar, la major part de les vegades sempre és el mateix:

1. Modelatge 3D
2. Texturització i il·luminació
3. Renderitzat

Aquests tres procediments (molt genèricament i sense profunditzar en detalls) són els que tothom fa servir per solucionar els problemes que estan plantejats a la primera part, per tant, per dur a terme el meu treball, adaptaré les solucions existents a la meua millor manera per tal de treballar millor i poder aconseguir el resultat final que desitjo.

### 1.3. OBJECTIU GENERAL

L'objectiu general d'aquest projecte és el **modelatge, texturització, il·luminació i renderitzat** d'un model 3D generat virtualment que repliqui amb el màxim de nivell possible de realisme d'una càmera antiga datada del 1850.

Aquest model creat virtualment, es trobarà en un entorn neutre, per tal d'emfatitzar el treball realitzat seguint aquests tres grans objectius.

### 1.4. OBJECTIUS ESPECÍFICS

- **Modelar poligonalment** i mitjançant imatges capturades de la càmera; vista superior, laterals i frontal. Aquest procediment ha de ser realitzat geomètricament perfecte sense errors en la geometria per posteriorment poder aplicar les textures sense problemes.
- Creació des de zero de **les imatges de textures** les quals comprendran la textura de les diferents peces de la càmera. Aquest objectiu, implica la creació de imatges basant-se sempre amb el model real de la càmera, amb l'objectiu de replicar la realitat de la càmera.
- **Il·luminació i renderitzat** de la càmera amb els corresponents mapes de textures assignats a les peces, mitjançant motors de renderitzat específics (en concret el motor *RedShift*) i tècniques de il·luminació professionals i que imitin les condicions de llum de l'entorn on van ser capturades les imatges de la càmera real.

- Aplicar els coneixements adquirits durant el curs acadèmic relacionats amb els aspectes que comprèn el projecte, saber utilitzar-los adequadament, perfeccionar-los i posar-los en pràctica.
- Adquirir nous coneixements i noves tècniques, des de noves eines, tècniques i habilitats de modelatge 3D poligonal fins a totalment nous coneixements de softwares mai abans utilitzats com ara el de creació i gestió dels mapes de textures (*Substance Painter* i *Designer*).
- Saber dur a terme un projecte força complex el qual esta format per varies parts, i aprendre a gestionar el temps de la millor manera possible i, a la vegada, aconseguir un resultat el més bo possible.
- Aconseguir que la persona que està mirant la imatge generada per ordinador de la càmera no diferenciï o li sigui molt difícil distingir la imatge real de la càmera de la creada computacionalment.

## 1.5. ABAST DEL PROJECTE

### 1.5.1. LIMITACIONS I OBSTACLES

L'abast d'aquest projecte, ve limitat i definit principalment per el nivell de competències i coneixement que dispo de prèviament de realitzar el treball, de tots aquells camps que es requereixen. Personalment he de remarcar que els meus coneixements de modelatge i texturització son més aviat escassos i poc extensos per realitzar aquest projecte sense el suport docent de fonts exteriors per adquirir el coneixement necessari per la seva execució. D'aquí esdevé com bé he comentat a l'apartat de motivació, un dels estímuls per fer aquest treball.

Per tant diem que l'abast d'aquest projecte és limitat, és a dir, que per poder acabar completant tots els objectius que m'he marcat caldrà una bona part d'aprenentatge autònom d'aquelles eines que prèviament no n'estava qualificat. Eines i coneixement que he anat adquirint al llarg del curs acadèmic però que una bona part esdevindrà de l'execució d'aquest treball.

D'aquest últim paràgraf, també en podem extreure els possibles obstacles en què em puc topar durant el treball. Principalment seran problemes i dificultats merament tècniques; recursos que no dispo per modelar determinades peces, com crear correctament mapes de textures que s'adaptin al meu model, saber dominar el motor de renderitzat per obtenir la màxima eficiència i resultats, etc. Aquests poden ser uns possibles obstacles dels molts que em trobaré. Però amb l'ajuda de fonts externes i de docents del centre pugui superar i acabar amb èxit el projecte.

### *1.5.2. TARGET I HIPOTÈTICS BENEFICIARIS*

Aquest projecte aniria enfocat i destinat a aquelles persones que es dediquen al món de la fotografia, més concretament a historiadors, investigadors, fanàtics, museus, estudis de recerca, totes aquelles persones que utilitzarien un model en 3D d'una càmera antiga, ja sigui per l'exhibició virtual, ensenyament a tercers del funcionament, història, etc. de la càmera, informació fotogràfica i videogràfica per possibles recerques. Inclús per fins publicitaris i/o empresaris, per exemple per algun espot de publicitat en el qual es requereixi d'un model generat virtualment d'aquesta càmera en concret. També aniria destinat per possibles produccions cinematogràfiques d'animació o vídeo real en les quals es necessitin la implementació d'una càmera antiga.

Dut a la realitat, aquest projecte té poques possibilitats de ser utilitzat per fins professionals. Ja que es tracta d'un projecte que es realitza dins un entorn acadèmic i no està pensat per futurs o possibles projectes en què s'utilitzi. De totes maneres, sempre hi existeix el factor sorpresa i potser alguna persona d'algun perfil en concret li interessa la meua feina realitzada i la necessita per algun objectiu.

Finalment dir que el principal beneficiari del treball seré jo. El fet d'acabar realitzant aquest treball suposarà un abans i un després que consolidarà els meus coneixements adquirits, dels quals, al acabar el treball, n'estaré orgullós. Altres possibles beneficiaris seran aquelles persones que en algun moment o altre hagin de realitzar un treball similar al meu, i els ajudi de suport a seguir com a model.

## 2. ESTAT DE L'ART

### 2.1. CGI

Per posar en context aquest projecte, convé explicar el concepte el qual va lligat tot el treball, el CGI, en anglès *Computed-Generated Imagery*.

Com bé diu la traducció en català: **Imatges generades per ordinador**, ens situa en un punt on es defineix clarament i de la manera més trivial possible, què és. Dit d'una altra manera, és l'aplicació dels gràfics generats per ordinador que es fan servir per generar imatges o contribuir en diferents àmbits visuals com l'art, els videojocs, les pel·lícules, els anuncis, els videoclips, les simulacions, efectes especials, etc. En general tots aquells suports en els quals la imatge sigui la base principal.

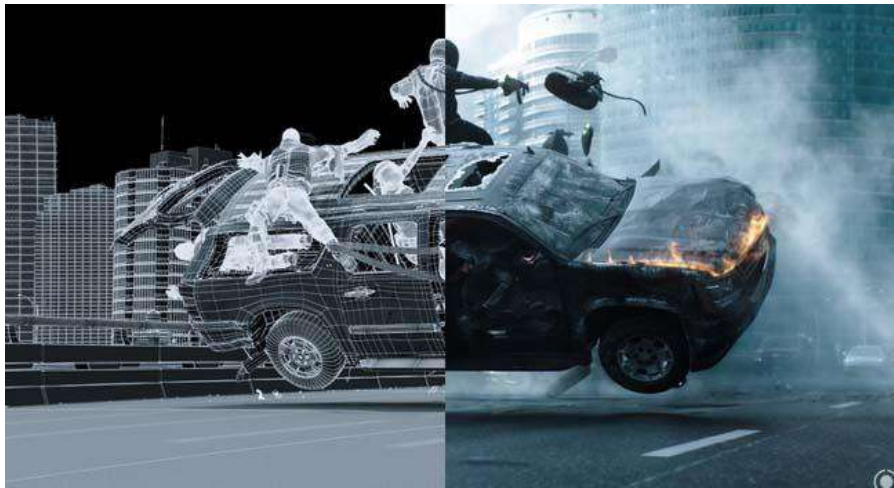


Fig. 2.1.1 – Fotograma de la pel·lícula *Deadpool* (2016), la qual és generada per ordinador

Per tant, el CGI comprèn tot allò visual que ha estat obtingut amb mitjans informàtics i computacionals. Comprèn des de la més senzilla il·lustració o gràfic en 2D, a la més complexa simulació de partícules en un entorn totalment en 3 dimensions, per tant, es pot classificar el CGI en quatre grans categories:

- Dinàmic o estàtic
- 2D o 3D

Cal remarcar que actualment l'ús del CGI s'utilitza principalment per efectes especials en cinema, animació i televisió.



### 2.1.1. APLICACIONES DEL CGI

Es pot veure, de forma general, algunes **aplicacions reals del CGI** en diferents àmbits:

1. **Efectes Visuals i cinema.** Actualment el cinema i la televisió és condicionat per la implementació del CGI. Moltes escenes impossibles de recrear de veritat han de ser per força recreades amb CGI. Tota aquesta part de implementació 3D s'aplica en la fase de postproducció d'una pel·lícula o vídeo, un cop ja s'ha rodat totes les escenes. L'objectiu dels efectes especials en cinema tracta d'intentar convèncer al espectador que allò que està veient tot i ser alguna cosa impossible, són elements que conviuen perfectament amb la realitat, és a dir que són realistes.

Els efectes visuals venen determinats segons la seva necessitat d'utilització. Depenent de la finalitat del vídeo final s'utilitzarà el CGI. Per exemple, la recreació de escenes perilloses que poden posar en perill la seguretat dels actors, s'acudeix al CGI, o replicar un concert on hi apareix molta gent, és més eficient replicar les persones per ordinador.



**Vídeo.** THE CGBros. "CGI & VFX Breakdowns: "Parked Cars Are Boring" - by Michael Seidel" - 2016

(Online) [Accés : 23/02/2018]

Disponible:

<https://www.youtube.com/watch?v=k6tWiIRWVKY>

En el vídeo, es veu un exemple d'una simulació d'una explosió, com bé hem comentat, si no hagués estat per el CGI, aquesta escena hauria compromès la seguretat de la persona.

Un altre exemple en cinema és el tigre de la pel·lícula "*Life of pi*" (2012), la majoria de les escenes, estan generades per ordinador.

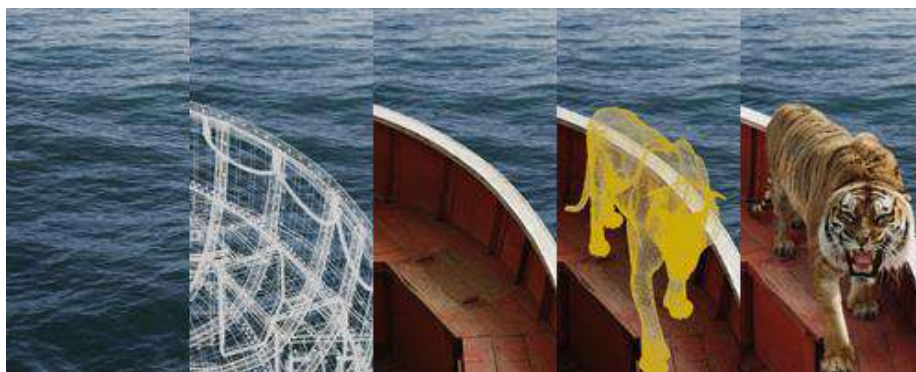


Fig. 2.1.1.1 – Richard Parker, el tigre de "*Life of Pi*" (2012), i les malles en 3D de la barca i l'animal

2. **En medicina**, el CGI també és present en varis àmbits, com per exemple és la creació i preparació d'implants. En les lesions del crani, com que són molt delicades, cal que els implants que s'utilitzin siguin acuradament dissenyats i de molt alta qualitat, per això, utilitzant CGI els metges poden recrear un implant que s'adeqüi expressament a les característiques d'un pacient.

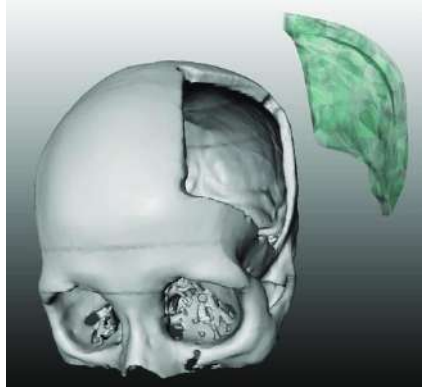


Fig. 2.1.1.2 – Implant cranial generat per ordinador

3. **Recreacions i simulacions.** Altres aplicacions del CGI es troben en recreacions per exemple d'un accident de dos vehicles per tal de demostrar o investigar un cas en particular, o que serveixi de suport en termes judicials. També podem trobar simulacions en la indústria com potser la simulació del flux d'aire dins del motor d'un tractor, o la visualització de mecanismes interns que no es podrien veure sense el recurs del CGI.



Fig. 2.1.1.3 – Recreació d'un accident de tràfic

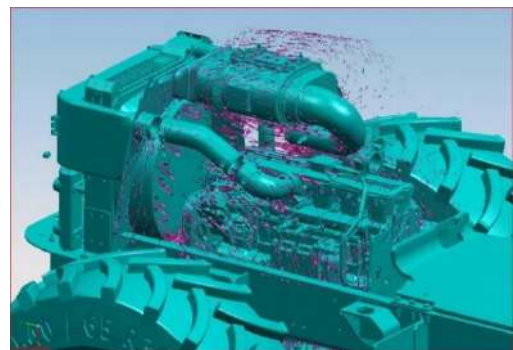


Fig. 2.1.1.4 – Simulació del flux d'aire dins un motor de tractor

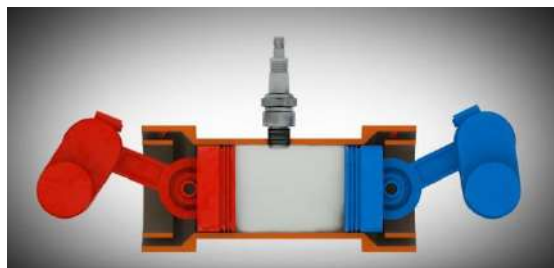


Fig. 2.1.1.5 – Simulació del funcionament d'un motor d'explosió de dos temps

4. **Museus telemàtics.** Actualment, molts museus i centres de culturals estan implementant una funcionalitat extra als serveis dels museus, la possibilitat de visualitzar les seves instal·lacions o objectes d'art des de casa, molts d'ells són objectes recreats per CGI per poder observar al detall i com es vulgui la peça, com és l'exemple del museu del Louvre de París que ofereix estàtues escanejades en 3D per fotogrametria (veure punt 2.2.3).

En el sector de la arqueologia també s'està implementant el CGI, per exemple per **recrear ruïnes arqueològiques** i fer-se una idea de com era anteriorment, com per exemple el Colisseu de Roma. Aquests últims apartats van relacionats amb la **realitat virtual i augmentada**, per exemple, s'han desenvolupat sistemes que analitzen l'entorn en què et trobes i si es detecten certs punts concrets, el software recrea el que falta de l'estructura. També existeixen simulacions 100% immersives utilitzant la *Virtual Reality* on s'ha recreat totalment en CGI entorns sencers de llocs de interès o bé material interactiu, on l'usuari es posa unes ulleres de realitat virtual i pot observar lliurement on es troba, com si es trobés en aquell mateix entorn.



Fig. 2.1.1.6 – Recreació del Colisseu de Roma

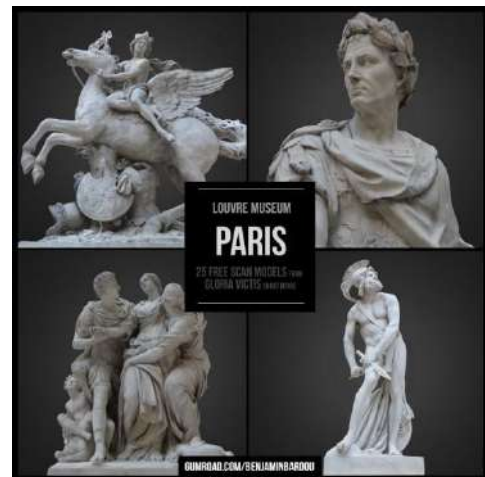


Fig. 2.1.1.7 – Estàtues que ofereix el museu del Louvre en 3D



Fig. 2.1.1.8 – Aplicació de realitat augmentada per completar escenaris de la empresa AR-media



Fig. 2.1.1.9 - Entorn 100% virtual per poder interactuar amb ulleres de realitat virtual.

5. **Arquitectura i interiorisme.** Aquets dos sectors en els últims anys han guanyat molta utilitat en CGI, ja que és molt més eficient recrear qualsevol escena en 3D que es vulgui, ja sigui una cuina, un dormitori, un jardí, elements en concret, que no pas construir de manera real aquest entorn, ja que comportaria molta més feina i temps, a més amb ajuda del CGI es pot canviar tot allò que es desitja com per exemple la il·luminació, els colors, materials de la composició dels objectes.

Per posar un exemple real, el 75% del catàleg del IKEA és CGI, és a dir que tres de quatre articles són generats per ordinador.



Fig. 2.1.1.9 – Cuina creada mitjançant CGI. Ikea



6. **Disseny del producte.** Altres usos del CGI estan relacionats amb la Indústria i la manufacturació del producte. S'utilitza per donar a conèixer certes funcionalitats o aspectes tècnics dels productes, o simplement per tenir-ne una còmode visualització i anàlisi, sense el recurs del CGI, no es podrien veure zones de certs elements, com per exemple l'interior d'un motor. Aquest apartat ve relacionat directament amb l'animació d'aquests productes, ja que la gran majoria van acompanyats d'un vídeo explicatiu de com es construeix, per exemple un motor i les peces que el comprenen.



**Vídeo.** GEA GROUP. "GEA Grasso Screw Compressor Product Animation" - 2015

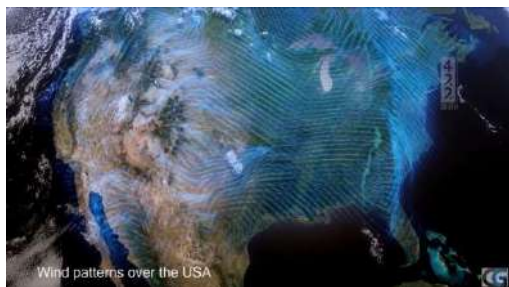
(Online) [Accés : 23/02/2018]

Disponible:

[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=14&v=wqNTYLIDaxs](https://www.youtube.com/watch?time_continue=14&v=wqNTYLIDaxs)

En el vídeo es veu una animació realitzada per una empresa que es dedica a fer compressors en el qual es visualitza molt gràficament la formació del compressor i totes les peces que el formen.

7. **Visualització de dades.** El fet de representar idees, gràfiques, informació, de forma clara i precisa, i de tal manera que les dades quedin plasmades gràficament, la visualització de dades és un bon recurs. Actualment la visualització de dades, moltes vegades va acompanyada del CGI en entorns 3D, d'aquesta manera contribueix en la claredat i interpretació de la informació.



**Vídeo.** THE CGBros. "CGI 3D DataViz Showreel : "3D Data Visualization Reel - 2015" - by 422 South" - 2015

(Online) [Accés : 23/02/2018]

Disponible:

[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=67&v=8PuEK855AN4](https://www.youtube.com/watch?time_continue=67&v=8PuEK855AN4)

En el vídeo apareixen varis exemples de visualització de dades en 3D.

1. **Motiongraphics.** Un altre aspecte important del CGI, són els motiongraphics, que en català es tradueix com gràfics animats. Per posar-los en context han estat presents durant molt de temps, des que es va començar a generar contingut gràfic per ordinador. Són tots aquells continguts que expressen una informació, missatge o idea mitjançant el moviment en elements gràfics, com bé pot ser la tipografia animada per exemple. Poden ser 2D o 3D, en el cas del 3D, el disseny i implementació 3D s'utilitza en tota la seva esplendor. Els motiongraphics poden contribuir en diferents àmbits: des de introduccions a pel·lícules o series de televisió, en les quals els crèdits tenen un caràcter més creatiu, infografies animades per exemple una aplicació per a mòbil, videoclips, i tots aquells camps on el grafisme prengui la major part de la importància.



**Vídeo.** CIT UPC. “*Felicitación Navidad 2017*” - 2017

(Online) [Accés : 23/02/2018]

Disponible:

[https://www.youtube.com/watch?v=RIQY\\_rzqzCs](https://www.youtube.com/watch?v=RIQY_rzqzCs)

El vídeo és un vídeo fet per mi on s'utilitza el CGI per a la felicitació de Nadal de 2017 que la fundació CIT UPC va presentar. Es juga amb la creació de les lletres amb altres elements, i amb l'animació de les mateixes, amb l'objectiu d'aconseguir un resultat atractiu.

## 2.2. TÈCNIQUES DE REPRESENTACIÓ 3D

### 2.2.1. MODELATGE PER VISTES

Aquesta tècnica es basa en la creació de malles 3D (distribució de punts i línies en un espai 3D, que al unir-se entre elles, formen un pla) a partir de imatges o dibuixos de les diferents vistes. Aquestes imatges en el cas de que siguin obtingudes fotogràficament, caldrà que es fotografiïn des d'una mateixa distància i el més ortogonalment possible per evitar punts de fugues i així distorsions, ja que el que es busca és la representació de les dimensions i les magnituds de l'objecte.

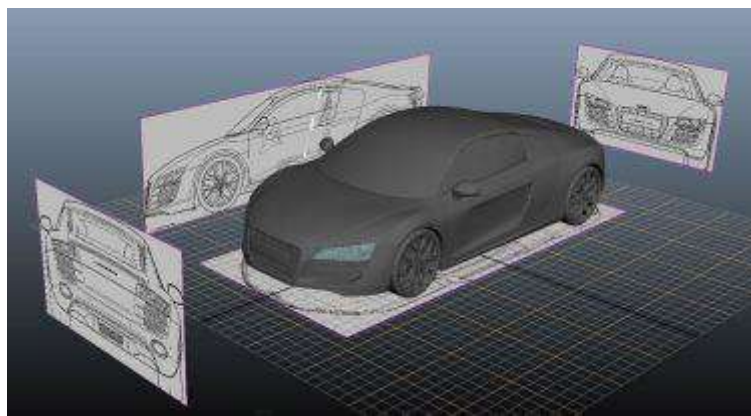


Fig. 2.2.1.1 – Disposició de les diferents vistes d'un vehicle per a procedir al modelatge.

Un cop es disposen els diferents plànols en l'entorn 3D es procedeix a modelar l'objecte.

Existeixen varies maneres:

- **Modelatge poligonal:** Punts en l'espai 3D anomenats vèrtexs, són connectats per línies les quals anomenem segments, i la superfície que emmarquen aquests segments entre ells formen una malla poligonal. La utilització de moltes malles (polígons), permet crear formes en 3 dimensions.

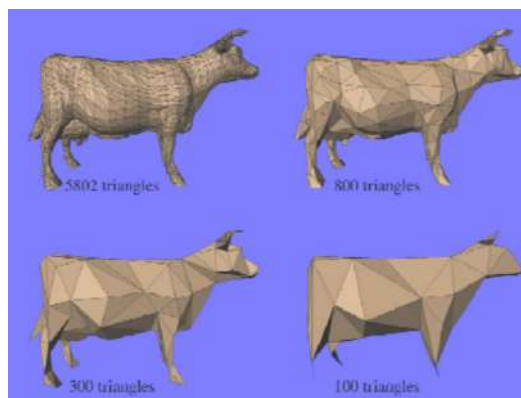


Fig. 2.2.1.2 – Modelatge poligonal, de menys a més polígons

- **Modelatge per corbes (spline):** Les superfícies són definides per corbes (splines) resseguint els contorns de l'objecte, posteriorment s'apliquen modificadors els quals generen la superfície seguint la forma de la línia. Aquesta tècnica s'utilitza quan els objectes a modelar presenten corbes i contorns poc agressius o fins i tot formes naturals.

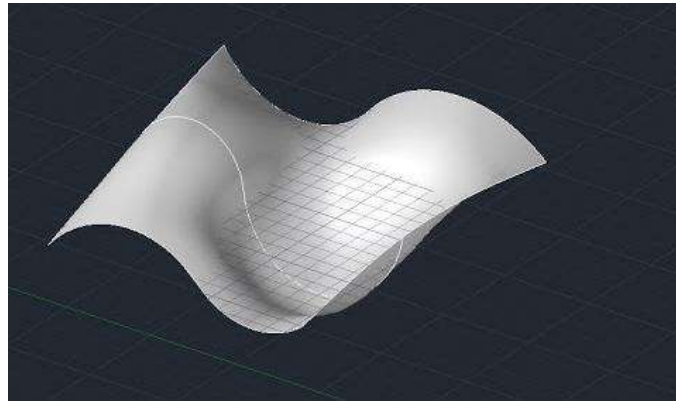


Fig. 2.2.1.3 – Modelatge mitjançant corbes.

- **Escultura digital:** Aquest mètode replica l'art d'esculpir sobre algun material en concret. Es tracta d'estirar, aixafar, deformar una existent malla poligonal, mitjançant eines les quals duent a terme la funcionalitat de pinzells, modificant el diàmetre, la forma en què s'esculpeix, la força, tolerància, etc. El programa *ZBrush* és un exemple de software especialitzat en escultura en 3D, ofereix múltiples eines i opcions per modificar la malla inicial, enfonsar, extruir i estirar-la per anar modelant la forma. Els objectes recreats amb aquest software són especialment personatges, criatures fantàstiques o figures orgàniques.



Fig. 2.2.1.4 – Diferents passos per esculpir un model

Actualment hi ha molts softwares de disseny 3D, la majoria d'ells són compresos per les mateixes eines o molt similars de modelatge, la majoria d'ells permeten la utilització de les diferents tècniques que hem vist, des del modelat poligonal fins a la escultura digital, cal remarcar però, que en certs casos si es vol focalitzar en un tècnica concreta com podria ser la escultura en 3D, existeixen softwares especialitzats en aquests camps.



Veiem el utilitzat en aquest projecte:

### **Autodesk 3Ds Max**

(Online) [Accés : 23/02/2018] Disponible: [https://www.autodesk.com/products/3ds-max/features#channels\\_Core%20Features](https://www.autodesk.com/products/3ds-max/features#channels_Core%20Features)

*Autodesk 3Ds Max* és un software de disseny 3D el qual inclou funcionalitats de modelatge, animació i renderitzat. És un programa molt complet, ja que pots realitzar projectes solament utilitzant aquest software, ja que amb ell es poden realitzar totes les tasques necessàries.

Els resultats obtinguts amb 3Ds Max, poden ser utilitzats pel desenvolupament de videojocs, com per exemple entorns o personatges, per arquitectura i interiorisme, per cinema i publicitat, per aplicacions de realitat virtual o augmentada, o per simulacions o visualitzacions de productes.

El programa ofereix eines com ara: simulacions de fluids partícules o cabell/gespa, animació, creació i *rigging* de personatges, simulació de dades, utilització de càmeres que repliquen les característiques de les reals, treballar amb llibreries ja creades, múltiples funcionalitats de modelatge. També es poden implementar Scripts per aconseguir funcionalitats extres.

Tret que és un paquet 3D, també inclou les funcionalitats de il·luminació i renderitzat. Aquestes dues característiques, tenen una important rellevància en els casos en què es necessitin crear contingut fotogràficament realistes, ja el renderitzat i la il·luminació caracteritzen un bon resultat. Altres motors de renderitzat poden ser instal·lats per aconseguir millors resultats.

### 2.2.2. ESCÀNER 3D

Aquest mètode consisteix similarmet al escàner convencional que coneixem, el qual “fotografia” imatges en 2D, però en aquest cas parlariem de capturar la escena en 3D al complet.

Per a dur a terme aquest procés, s'utilitzen actualment variis mètodes. Per una banda els que classifiquem com a no òptics, és a dir els que no utilitzen càmeres:

- **Time of Flight:** Un emissor de raigs infrarojos, projecta aquests raigs sobre el objecte, posteriorment, mesurant el temps de retorn del raig, es computa el resultat de variis raigs i s'obté el resultat de la superfície de l' objecte en 3D.

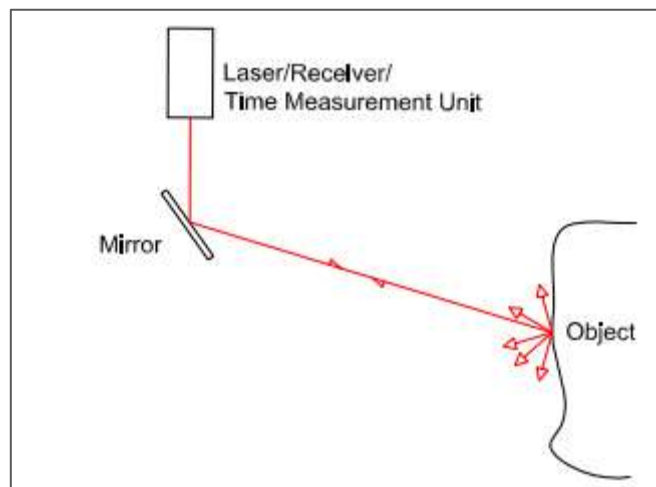


Fig. 2.2.2.1 – Principi del mètode *Time of Flight*

- **Interferometria:** Aquest mètode és similar al anterior, però en aquest cas una font de llum làser, projecta patrons d'interferències sobre l'objecte els quals són analitzats per reconstruir la forma de l'objecte.

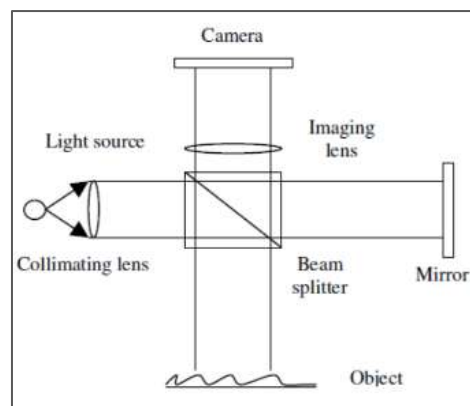


Fig. 2.2.2.2 – Principi del mètode de Interferometria

I els òptics:

- **Laser Triangulations:** Aquest mètode és especialment útil quan l'objecte que es vol escanejar es mou. Els làsers capten la forma de l'objecte a mida que aquest es va desplaçant i es va movent del camp de visió del sensor per tenir més informació de la forma de l'objecte.

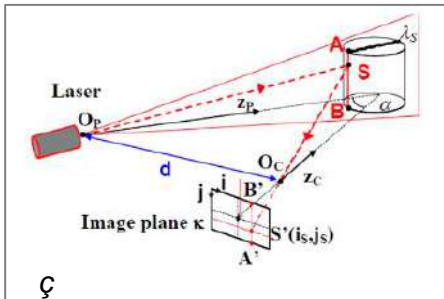


Fig. 2.2.2.3 – Principi del mètode de *Laser Triangulation*



Fig. 2.2.2.4 – Tecnologia de *Laser Triangulation* escanejant un objecte en moviment

- **Structured Light:** Aquests escàners, dispensen una seqüència de imatges amb diferents patrons de llum projectada a la superfície de l'objecte per tal de crear un mapa de la geometria de l'objecte. Aquests patrons són capturats i analitzats per recrear la superfície de l'objecte. L'objecte que s'escaneja, ha de romandre immòbil ja que un lleuger moviment pot comprometre el resultat del escaneig.

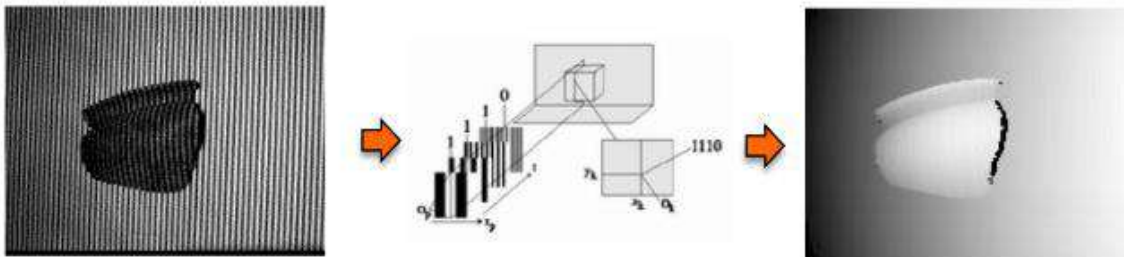


Fig. 2.2.2.5 – Workflow del mètode *Structured Light*

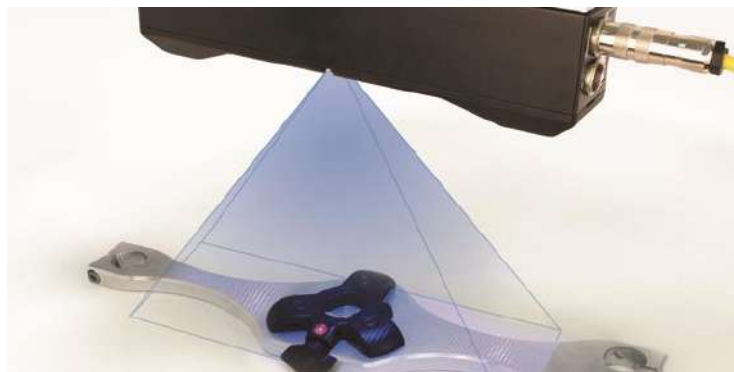


Fig. 2.2.2.6 – Tecnologia de *Structured Light* escanejant un objecte estàtic

### 2.2.3. FOTOGRAMETRIA

Aquest és una altre mètode totalment vàlid i molt útil depenent de les situacions i requeriments d'allò que es vulgui representar. És considerada una tècnica que pot arribar a un nivell de detall força elevat, tenint en compte que el mètode d'obtenció és bastant eficient. El procés és el següent: Es capturen varies imatges des de diferents punts de vista de l'objecte i posteriorment es disposen en un software 3D el qual alinea aquestes imatges i recrea el objecte en 3 dimensions.

Si el resultat que es vol obtenir, ha de ser amb molt detall, conseqüentment es capturaran més fotografies de més angles de l'objecte per obtenir més detall. De totes maneres, cal tenir en compte que tret de ser una tècnica molt dinàmica, les fotografies que es capturen han de complir uns requisits, com ara que tota la superfície que es vol representar estigui perfectament il·luminada, que les textures siguin homogènies per evitar errors de representació i tenir en compte les ombres que el mateix objecte crea sobre si mateix.



Fig. 2.2.3.1 –Tècnica de fotogrametria, obtenció de imatges de diferents punts de vista

A continuació, apareix una taula en la qual es compren els mètodes de escaneig 3D amb la fotogrametria, després d'analitzar, podem extreure a grans trets, que la fotogrametria gaudeix dels millors resultats de cost econòmic, temps d'elaboració, dificultat, temps de postproducció i resultat. En termes de precisió l'escaneig per triangulació, supera lleugerament a la fotogrametria, però compensa amb els altres àmbits.

	Escáner triangulación <i>Triangulating Scanner</i>	Escáner (tiempo de vuelo) <i>Laser Scanner (time of flight)</i>	Fotogrametría automatizada <i>Automated photogrammetry</i>
Coste económico <i>Economic cost</i>	Medio <i>Medium</i>	Alto <i>High</i>	Bajo <i>Low</i>
Tiempo elaboración <i>Implementation time</i>	Muy alto <i>Very long</i>	Alto <i>Long</i>	Bajo <i>Short</i>
Dificultad <i>Level of difficulty</i>	Alta <i>High</i>	Alta <i>High</i>	Baja <i>Low</i>
Tiempo postproducción <i>Post-production time</i>	Muy alto <i>Very long</i>	Muy alto <i>Very long</i>	Bajo <i>Short</i>
Precisión <i>Level of accuracy</i>	Muy alta <i>Very high</i>	Alta <i>High</i>	Alta <i>High</i>
Resultado <i>Results</i>	Óptimo <i>Optimum</i>	Óptimo <i>Optimum</i>	Óptimo <i>Optimum</i>
Mejor aplicación <i>Best application</i>	Proximidad <i>Close up</i>	Media y larga distancia <i>Medium-long distance</i>	Complementario <i>Complementary</i>
Peor aplicación <i>Worst application</i>	Grandes objetos o de difícil acceso <i>Large objects or ones that are difficult to access</i>	Objetos pequeños y con detalle <i>Small, detailed objects</i>	Objetos sin cambio tonal <i>Objects without tonal variation</i>

Taula 2.2.3.1 – Taula comparativa dels mètodes de escaneig 3D per triangulació i *Time of Flight* contra la fotogrametria.

Actualment existeixen varis softwares per a realitzar la tècnica de la fotogrametria a nivell d'usuari i no tant en un entorn professional el qual sigui molt complex dur a terme. Hi ha softwares disponibles per telèfons mòbils i per ordinadors alguns exemples son:

### Autodesk ReCap 360

(Online) [Accés : 21/02/2018] Disponible: <https://3dscanexpert.com/autodesk-photogrammetry-review-recap-360/>

*Autodesk ReCap 360* és un software més encarat cap a professionals del sector de la fotogrametria, conseqüentment és un servei no gratuït, de totes maneres disposa de una versió per a web (sense totes les prestacions) gratuïta. Un cop introdueixes les imatges (no més de 50 en la versió gratuïta), has d'escollir la qualitat en què vols obtenir el model, quan més qualitat més polígons resultaran.

Una característica que aquest software disposa és la capacitat de autorretallar les imatges i aïllar l'objecte que es vol analitzar, eliminant les altres parts i així evitar errors de reproducció.

Un cop les imatges han estat analitzades i computades al núvol de *Autodesk* (mitjançant *cloud computing*), pots veure una previsualització en 3D de com ha quedat el resultat, i si estàs satisfet, pots descarregar el model en format .RCP o .OBJ (més utilitzat).



Fig. 2.2.3.2 –Resultat obtingut amb el programa Autodesk ReCp 360

### 3DF Zephyr Photogrammetry

(Online) [Accés : 21/02/2018] Disponible: <https://3dscanexpert.com/3df-zephyr-photogrammetry-software-review/>

Aquest servei va ser desenvolupat el 2011 per una empresa italiana anomenada 3Dflow, estem parlant d'una versió de pagament, preus que van des de 149\$ a 4200\$ per la versió més professional, de totes maneres també té una versió gratuïta amb capacitats reduïdes. Aquest software es caracteritza pel fet d'utilitzar la potència computacional de la Gràfica de l'ordinador, d'aquesta manera optimitza el temps i els resultats poden arribar a ser molt més detallats.

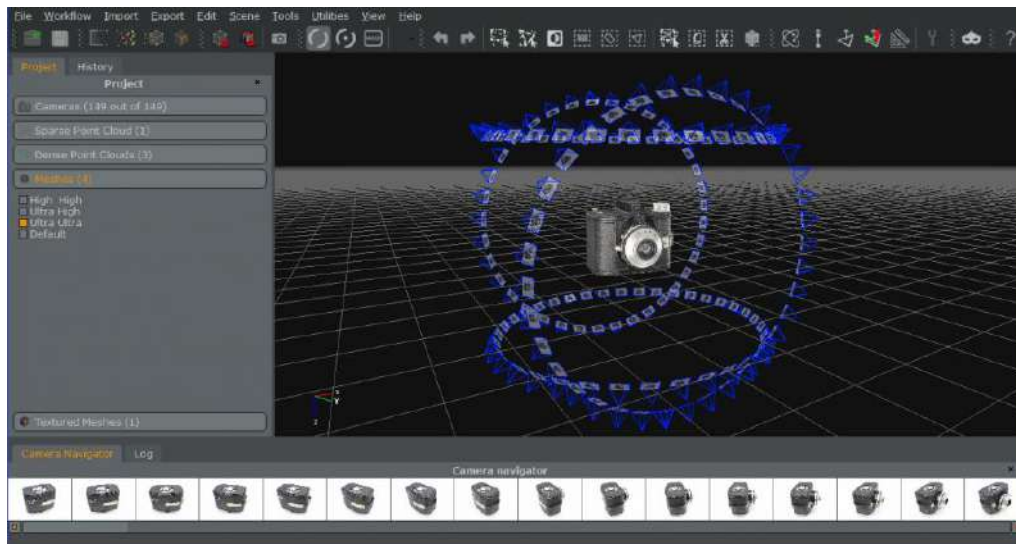


Fig. 2.2.3.3 –Interfície del programa 3DF Zephyr Photogrammetry.

Permet utilitzar molts tipus de formats d'imatge incloent RAW. Un cop dipositades, apareixen unes configuracions determinades les quals pots modificar, pots escollir segons la seva naturalesa, és a dir, si són aèries, de curt abast, cos humà, o entorns urbans.

Una altra característica que fa únic aquest software és el fet de que amb la versió professional, es poden col·locar unes targetes de codis QR impreses envoltant el objecte, d'aquesta manera el programa coneix amb exactitud les dimensions de l'objecte, aquesta característica és força útil en els casos en què s'han de representar entorns molt grans. De la mateixa manera que *Autodesk ReCap360*, es poden escollir diferents resolucions (veure fig. 2.2.3.4)

Els models generats es poden exportar en diferents formats depenent de la versió:

- Free: PLY, OBJ
- Lite: PLY, OBJ, FBX
- PRO: PLY, OBJ, FBX, STL, PDF 3D, U3D, Collada





Fig. 2.2.3.4 – Model representat mitjançant 3DF Zephyr Photogrammetry. Model amb resolució màxima (2,3 milions de polígons)

***Perquè he escollit recrear el meu objecte amb modelatge poligonal i no pas fotogrametria?***

Principalment, he escollit el mètode de modelatge poligonal, perquè com s'ha vist, el meu objectiu és aconseguir el màxim nivell de detall, per tant si utilitzo el modelatge com a eina principal, puc arribar a replicar peça per peça la càmera, i d'aquesta manera aconseguir el màxim realisme possible. De totes maneres, igualment utilitzo imatges de la càmera de base, en les quals em baso per extreure'n les dimensions exactes, les textures i materials i la estructura.

Com s'ha vist anteriorment, els resultats aconseguits tant com per escaneig 3D o fotogrametria, son bons però no perfectes, per tant, si pretenc aconseguir tal realisme només puc assolir-ho mitjançant el modelat poligonal. També cal dir que el meu abast per la utilització d'altres tecnologies de representació 3D és limitat, tinc més assequible, en tots els sentits, dedicar l'esforç en el modelat poligonal.



## 2.2. TEXTURITZACIÓ, IL·LUMINACIÓ I RENDERITZAT.

Aquests tres aspectes són els essencials per tal d'aconseguir el realisme en qualsevol element 3D. Com bé s'ha vist fins ara, el modelatge és una part important per la creació d'element hiperrealistes en 3D, podríem dir que és com un llenç en blanc el qual hem de pintar i donar-li vida.

Per tant, un cop el model 3D ha estat desenvolupat, el següent pas és la creació dels materials i textures per donar color i realisme a l'objecte. El procés de texturització es fonamenta per, un cop tenim la malla de l'objecte creada, amb ajuda de modificadors del propi software de 3D que estiguem utilitzant, despleguem aquesta malla de tal manera que projectem tota la superfície del objecte en 3D en 2D. Aquest procés es diu *Unwrap*.(veure fig. 2.3.1)

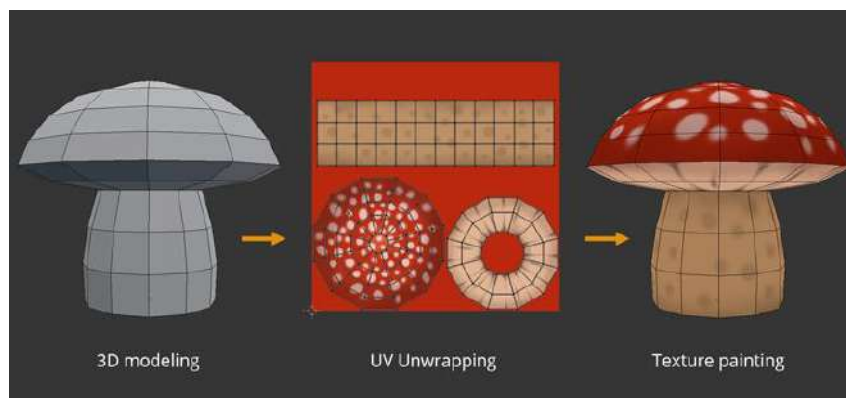


Fig. 2.3.1 – Desplegament de la superfície d'un objecte en dues dimensions

Un cop la malla ha estat desplegada, el següent pas és la creació de les imatges de textures, les quals sempre ens referirem en l'objecte real. Es poden crear utilitzant diferents softwares disponibles, com *Substance Designer / Painter*, *BodyPaint 3D*, *Light Wave*. Tots, al cap i a la fi tenen la mateixa funcionalitat, exceptuant algunes característiques diferencials, què és la creació de imatges i materials.

Al utilitzar solament una imatge creada per ser col·locada sobre la malla, no obtindrem un resultat excel·lent, ja que la llum es comportarà d'una manera irreal, ja que totes les superfícies en més o menys nivell, tenen imperfeccions, les quals fan que la llum reboti de forma regular i apareix el relleu.



Fig. 2.3.2 – Diferència entre una textura amb relleu i una sense

Per tal d'aconseguir aquets resultats, s'utilitzen els anomenats *PBR maps* (*physically-based-rendering*). Aquests mapes són imatges independents de la mateixa textura les quals tenen funcions pròpies, una s'encarrega del color (*color map*), una altra de donar relleu (*bump o Normal map*), una altra de tractar els reflexes de la superfície, una altra la profunditat (*depth map*) i una altra de tractar la irregularitat de la llum (*roughness map*).

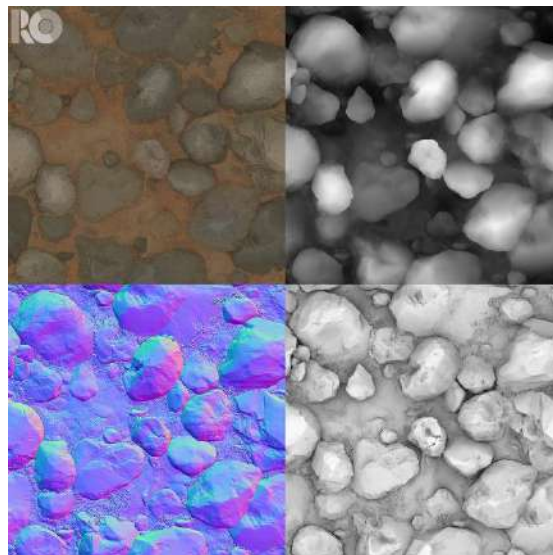


Fig. 2.3.3 – Mapes de textura PBR

Després, d'aquestes imatges es consoliden al software de 3D, i les calcula per donar el resultat desitjat. Cada mapa es col·loca corresponentment a cada lloc on farà la funció.

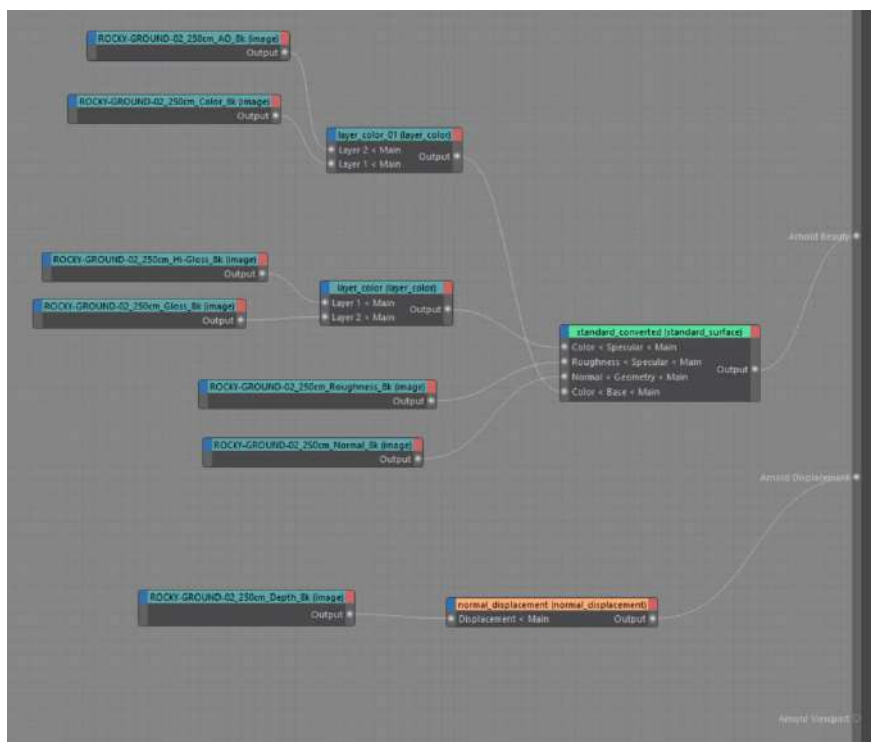


Fig. 2.3.4 – Workflow on es veuen els diferents mapes PBR

Finalment, un cop es té el model amb els mapes de textures aplicades, només falta renderitzar.

Sense el procés de renderitzar, res del què s'ha fet fins ara no serviria de res, ja que la funció de renderitzar és generar una imatge a partir de tota l'escena 3D. Aquest procés s'ha de tenir en compte en tots els projectes que involucri el CGI, ja que, a vegades, pot ser un procés molt lent i feixuc, ja que en escenes concretes on hi hagi molts elements que siguin molt complexes, amb molts mapes de textures, il·luminació, efectes especials, simulacions, etc, el procés de calcular tots aquets elements, és molt elevat, ja que al cap i a la fi resta en la tecnologia del software que és calcular i processar uns i zeros digitalment.

Existeixen molts motors de renderitzat, alguns més optimitzats i d'altres més antiquats, el que si és important saber és que actualment els motors de renderitzat que utilitzen la targeta gràfica de l'ordinador, estan tenint molt èxit, ja que fins fa relativament poc, el procés de renderitzat, utilitzava el poder computacional del processador. *Redshift* i *Octane* són dos exemples de motors de render que utilitzen la targeta gràfica, i *Arnold* que utilitza el processador. Els temps resultants en els motors per targeta gràfica supera fins a 10 vegades el temps dels de processador.

## 2.4 . INFORMACIÓ HISTÒRICA DE LA CÀMERA

## 2.3. ANÀLISIS EXEMPLE REAL

He trobat convenient analitzar un projecte realitzat per un artista anomenat Martin Vaikma. El projecte ha sigut trobat a la xarxa social de difusió de contingut digital.

Tracta de la recreació en 3D d'una càmera de la marca Canon. Les eines utilitzades són les següents:

- **Modelatge:** Ha estat realitzat amb el software anomenat *Modo* (*The Foundry*), aquest software es especialitza en modelatge 3D.
- **Texturització:** Ha estat realitzada amb el software *BodyPaint 3D* i retocada amb *Adobe PhotoShop*. També ha utilitzat *Adobe Illustrator* per recrear les lletres i números que apareixen a la càmera.
- **Renderitzat:** Mental Ray. És un motor de renderitzat desenvolupat per Mental Images (Berlín).



Fig. 2.3.1 – Treball de Martin Vaikma a Behance

A la imatge s'aprecia el nivell de realisme aconseguit, la malla poligonal creada en el procés de modelatge i els mapes de textures.

En aquest apartat, aprofito per exposar la relació que hi ha entre l'actual estat de l'art dels àmbits que tractaré i el nivell que s'intenta aconseguir. Cal dir que des d'un principi els meus objectius responen a l'actual estat de l'art, és a dir, que espero obtenir un resultat força bo com podria ser aquest treball de l'artista Martin Vaikma. Com bé s'ha vist el CGI és present a molts llocs i plataformes, i s'ha utilitzat des de ja fa molt de temps, per tant, les tecnologies que disposem actualment han evolucionat molt i gaudeixen d'unes característiques les quals ens poden permetre obtenir uns bons resultats.

### 3. PLANIFICACIÓ

#### 3.1 ANÀLISI DE RISCOS I PLA DE CONTINGÈNCIES

Durant el desenvolupament d'aquest projecte, és possible topar o enfrontar alguns riscos o complicacions, per això convé fer una anàlisi i pla de contingències dels possibles reptes i entrebancs que caldrà afrontar i de la manera com solucionar-ho.

Problema	Solució
Fallo del software	En aquest cas s'utilitzaria altres estacions de treball amb el mateix software per anar treballant fins que el problema es resolgui.
Fallo del hardware	S'hauria d'aconseguir una altra estació de treball, possiblement llogar-ne una o en cas que sigui impossible, intentar solucionar el problema el més aviat possible.
Problemes relacionats amb competències tecnològiques	En cas que alguna cosa en concret no se sàpiga resoldre, es consultarà material didàctic relacionat amb el tema a resoldre o es preguntarà a docents del centre especialitzats.
Impossibilitat de crear certes textures	En cas que no es puguin recrear algunes textures per que siguin idèntiques a les originals, es buscaran textures similars que siguin igual de competents.

Fig. 3.1.1 – Pla de contingències

### 3.2. ANÀLISI INICIAL DELS COSTOS

Per calcular els costos que tindria el projecte si es tractés d'un projecte real, s'han tingut en compte tots aquells elements que d'alguna manera o altre s'han utilitzat per la realització del projecte, des del hardware (ordinadors, pantalles, càmera, objectius, etc) i software (tots els programes utilitzats, de disseny 3D, de renderitzat, de texturització i retoc).

Per calcular els costos concrets s'ha calculat el preu per dia que caldria pagar per cada element utilitzat, sabent els dies de treball que involucra la producció del treball, sabem el preu total per cada element utilitzat. Aquest preu ha estat aconseguit consultant la llei vigent que tracta les amortitzacions d'aquesta mena de productes.

Se sap que l'any conté 240 dies laborables i que la amortització s'estableix a 3 anys des de la adquisició del producte per tant:

$$\text{preu/dia} = \frac{\text{preu producte}}{3 \text{ anys} * 240 \text{ dies laborables}}$$

Elements	Preu Producte	Preu dia	Preu a pagar
<b>Hardware</b>			
Càmera Nikon D5200	46 € (lloguer/dia)	46 €	<b>46 €</b>
Objectiu 70-200mm	35€ (lloguer/dia)	35 €	<b>35 €</b>
Objectiu 18-55mm	38€ (lloguer/dia)	38 €	<b>38 €</b>
Trípode Manfrotto 190XB	35€ (lloguer/dia)	27 €	<b>27 €</b>
2 Flash Dlite RX_one 100w	35€ (lloguer/dia)	35 €	<b>35 €</b>
Estació de treball	1.700 €	2,4 €	<b>559,6 €</b>
Pantalla 4k AOC 27"	350 €	0,5 €	<b>115,2 €</b>
Pantalla ASUS 21" 1080p	160 €	0,2 €	<b>52,7 €</b>
Wacoom Intuos Pro Small	210 €	0,3 €	<b>69,1 €</b>
<b>Software</b>			
3D Studio Max	1.936 €	2,7 €	<b>86,0 €</b>
Substance			
Designer/Painter	239 €	0,3 €	<b>11,3 €</b>
Cinema 4D Studio R19	3.570 €	5,0 €	<b>148,8 €</b>
RedShift Renderer	407 €	0,6 €	<b>11,3 €</b>
Adobe Photoshop	254 €	0,4 €	<b>12,35 €</b>
			<b>Total</b>
			<b>1.247 €</b>

Fig. 3.2.1 – Costos

Finalment, un cop el projecte es finalitzi, la suma total de hores de cada etapa serà multiplicada per el preu/hora establert i afegir els costos d'equipament per tal de presentar el cost final del projecte.

Fig. 3.2.2 – Seguiment hores i costos



### 3.3. EINES PER A LA GESTIÓ

Per planificar aquest projecte s'ha estructurat en tres grans blocs, la **Preproducció**, en la qual es duen a terme totes les tasques que permetran començar a modelar la càmera. Seguidament la **Producció**, la fase més important del projecte i a la qual s'hi dedica més temps, en aquesta fase es realitzen pròpiament les tasques de modelatge, texturització i il·luminació. A la **Postproducció**, s'acaba de retocar fotogràficament els renders finals obtinguts. Finalment la part de la **Memòria** es portarà a terme durant tot el transcurs del treball.

Per tal de poder arribar a resoldre totes aquestes fases abans de la data límit, s'ha realitzat un pla en el qual es reparteixen les tasques tenint en compte el pes de cada tasca i el temps disponible. S'han establert uns períodes per cada tasca, repartint equitativament segons el volum de feina de cada una. Com hem comentat anteriorment, la fase de la producció és la que té més pes a part de la memòria que es realitzarà paral·lelament amb la producció.

Nom de la tasca	Inici	Final	Duració (dies)
<b>Memoria</b>	<b>12/02/2018</b>	<b>20/06/2018</b>	<b>128</b>
Rúbrica 1	12/02/2018	02/03/2018	18
Introducció	12/02/2018	16/02/2018	4
Estat de l'art	16/02/2018	25/02/2018	9
Planificació, metodologia	24/02/2018	27/02/2018	3
Revisió	28/02/2018	02/03/2018	2
Desenvolupament projecte	03/03/2018	12/06/2018	101
Finalitzar	13/06/2018	20/06/2018	7
<b>Preproducció</b>	<b>43063</b>	<b>03/12/2017</b>	<b>9</b>
Selecció càmera	24/11/2017	25/11/2017	1
Fotos vistes càmera	01/12/2017	02/12/2017	1
Alineament fotos	02/12/2017	03/12/2017	1
Preparació escena 3D	02/12/2017	03/12/2017	1
<b>Producció</b>	<b>03/03/2018</b>	<b>07/06/2018</b>	<b>96</b>
Modelatge	03/03/2018	04/04/2018	32
Texturització	05/04/2018	09/05/2018	34
Il·luminació i renderitzat	08/05/2018	07/06/2018	30
<b>Postproducció</b>	<b>08/06/2018</b>	<b>12/06/2018</b>	<b>4</b>
retoc fotogràfic	08/06/2018	10/06/2018	2
creació video making off	11/06/2018	13/06/2018	2
Total dies:			<b>237</b>

Fig. 3.3.1 – Distribució inicial de les tasques



Amb l'ajuda de la planificació realitzada anteriorment, s'ha creat un diagrama de Gantt per visualitzar més còmodament les fases a realitzar, quan realitzar-les i fins quin data proposada es té temps per acabar aquesta fase. A part també s'especifiquen les dates d'entrega de les rúbriques i la data final d'entrega.

Durant el desenvolupament de la primera part del projecte, cal remarcar que el Planning proposat inicialment a la primera rúbrica, ha estat assolit exitosament, complint així les dates marcades

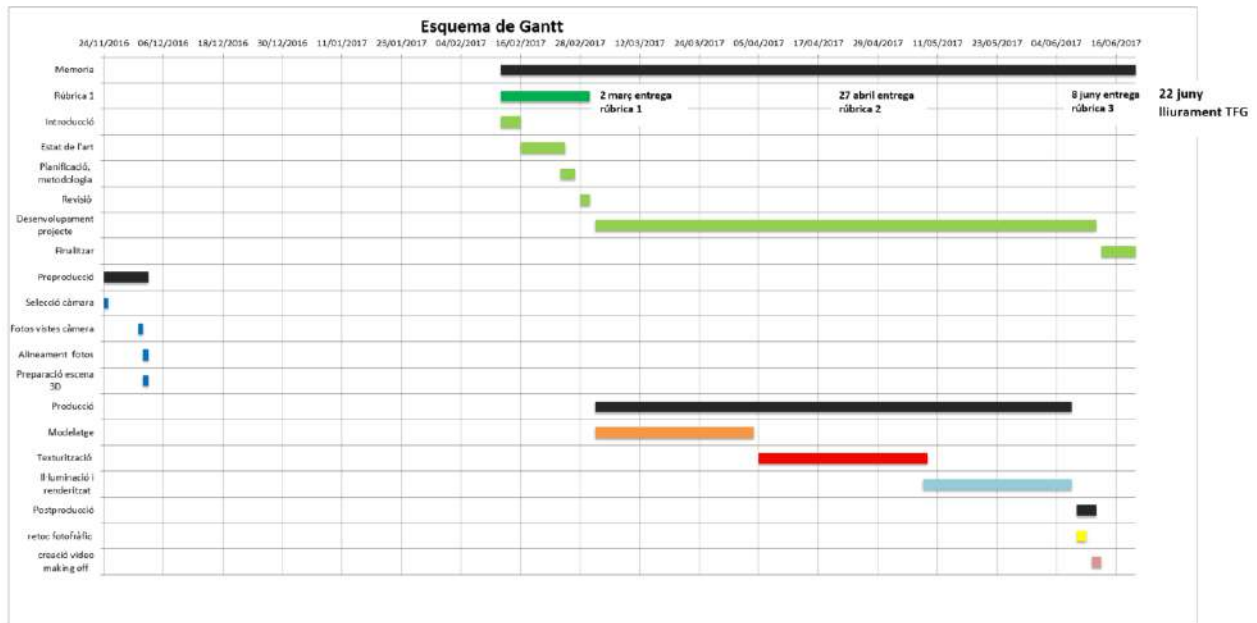


Fig. 3.3.2 – Diagrama de Gantt

## 4. METODOLOGIA

Com bé s'ha vist a l'apartat de Planificació, el projecte es distribueix en tres grans fases.

Es segueix aquesta metodologia ja que la naturalesa del projecte ho requereix. Si per exemple es tractés d'un treball conjuntament amb altres persones, s'haurien d'utilitzar altres metodologies com ara les metodologies àgils.

### 1. Preproducció

En aquesta fase, com bé hem vist es realitzen totes les tasques relacionades en buscar referents, la captura d'imatges pel posterior modelatge i el retoc fotogràfic i alineament per tal de que les fotografies compleixin les mides exactes a totes les vistes i coincideixin exactament entre elles. També es podria considerar una fase de preproducció la disposició de les imatges en el software 3D per el posterior modelatge.

### 2. Producció

En aquesta fase, es desenvolupa pròpiament la càmera. Es modela la càmera poligonalment mitjançant el software de 3D anomenat *3D Studio Max*. Es van modelant peça per peça fins a obtenir tot el conjunt de la càmera, amb les seves peces independentment agrupades i separades. Un cop tot el modelatge s'ha realitzat, es procedeix a revisar la Topologia per revisar que tots els polígons siguin *quads* i no pas triangles, la qual cosa ens perjudicaria a la hora d'afegir les textures.

Un cop s'ha revisat la topologia del model, es procedirà a la creació dels mapes de textures amb el software *Substance Painter* i *Substance Designer* programes dedicats a la creació procedural de textures per a models 3D. Aquestes textures es realitzaran sempre tenint com a referència les imatges de la càmera real.

Aquestes textures creades s'aplicaran al model creat utilitzant la tècnica de *Unwrap*, en aquesta fase és en la qual la correcta topologia creada ens ajudarà a que les textures quedin correctament disposades sobre la malla 3D.

Finalment, s'il·luminarà l'escena imitant i replicant la il·luminació emprada en la sessió de captura de les fotografies. Es col·locarà una càmera 3D replicant també les característiques d'una càmera real i es col·locarà en un lloc determinat on la composició de la imatge sigui correcta.

Per últim, es modificaran els ajustos del motor de renderitzat (*Redshift*) per tal de optimitzar els temps de processament, les mostres per cada canal de renderitzat, la qualitat de la llum, el soroll generat, els reflexos, els relleus, les oclusions ambientals i tots els factors que conformen un renderitzat fotogràficament realista.

### 3. Postproducció

En quant a la postproducció, es calcularan els diferents passos dels renders de les imatges, aquest procés és automàtic i no requereix que s'intervingui, ja que l'ordinador calcula ell sol la imatge final.

Un cop s'han obtingut els renders finals, es composaran els diferents passos obtinguts utilitzant el *Adobe Photoshop*, i un cop composta la imatge final, es sotmetrà a un retoc fotogràfic per corregir el color, el contrast, la brillantor, aplicar efectes com el de *Vignette* o granulat per imitar la distorsió real de la càmera.

En cas de que sobri temps, es realitzarà una petita animació per mostrar la càmera mitjançant un vídeo. Cal remarcar que aquest punt, no es contempla als objectius, per tant, no influirà en la metodologia inicialment plantejada ni anirà realcionada amb els objectius aconseguits o no, senzillament, considero que pot servir de material d'ajuda per la validació del projecte.

## 4.1 EINES PER EL SEGUIMENT DEL PROJECTE

Per el seguiment del projecte s'ha utilitzat principalment el servei online i disponible en app, *Trello*, una eina que administra la gestió de projectes utilitzant la metodologia anomenada *Kanban*, la qual classifica les tasques a realitzar, segons el seu estat: realitzades, per realitzar, realitzant, per verificar i llistat de totes les tasques. D'aquesta manera es visualitza fàcilment les tasques que queden per fer. Altres eines que s'han utilitzat són *Google Drive* per mantenir tots els arxius al núvol en cas de treballar en diferents ubicacions.

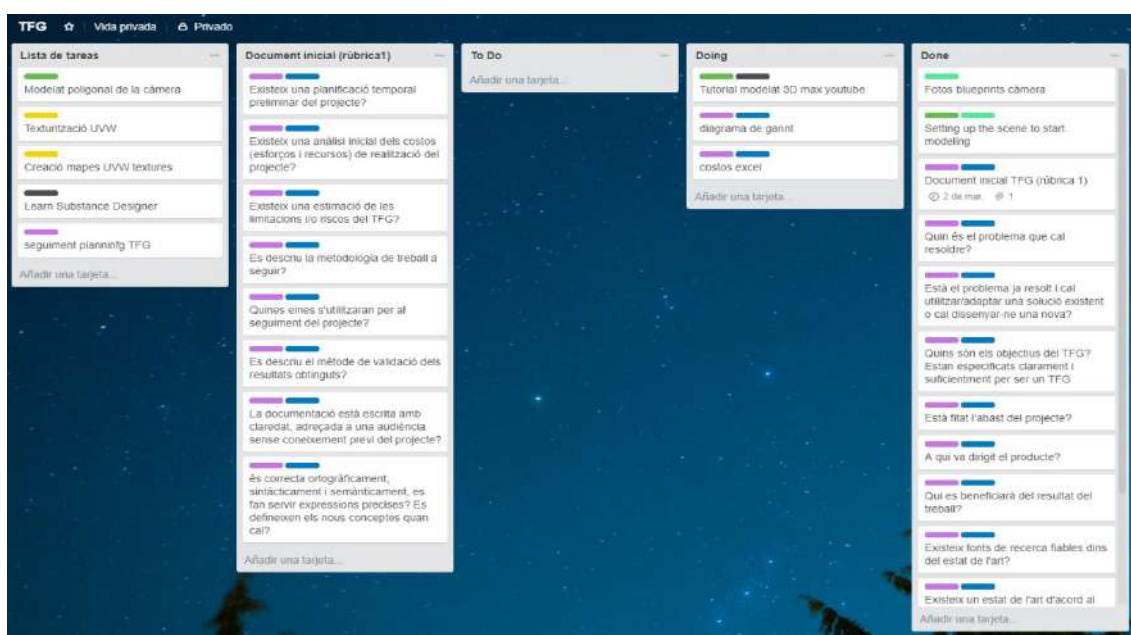


Fig. 4.1.1 – Diagrama de Gantt

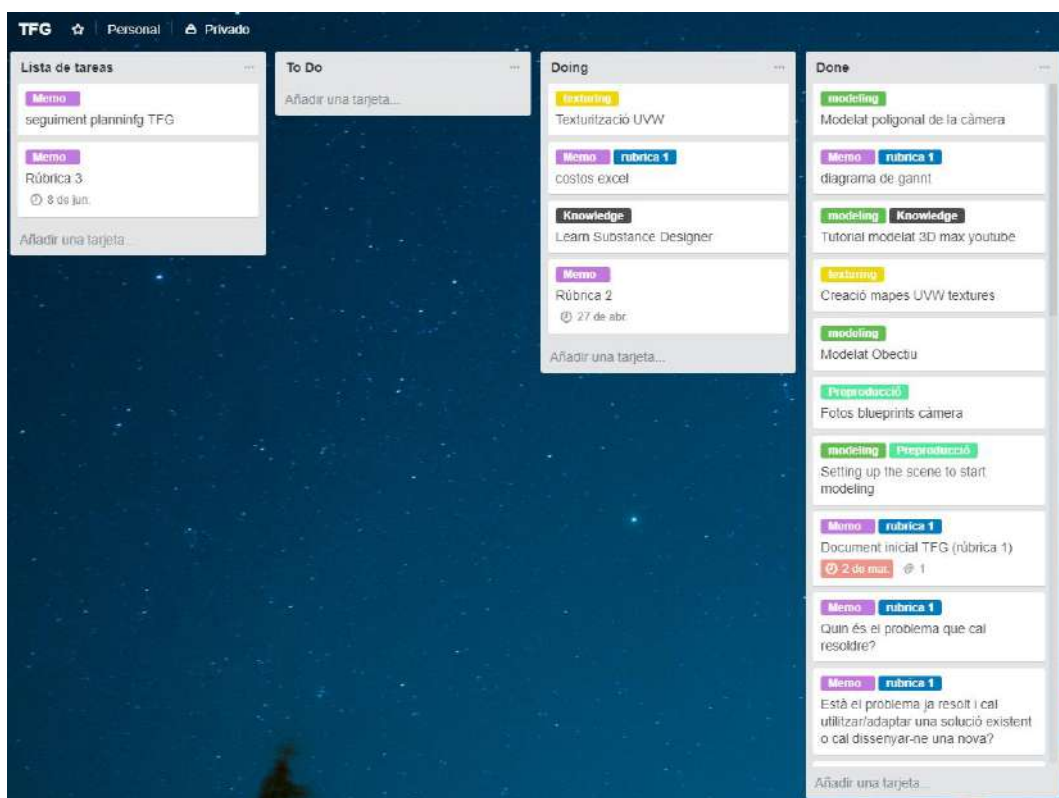


Fig. 4.1.2 – Aspecte actual (23 abril) del Diagrama de Gantt

En aquesta figura, es pot veure el progrés realitzat durant aquests primers mesos, veiem que la major part de les tasques pendents per realitzar, ara es troben a la columna de *Done*, en anglès, fet.

## 4.2. EINES DE VALIDACIÓ

Com bé estableixen els objectius, el resultat final ha de ser el més realista possible, per tant, per poder donar validesa al projecte, el resultat serà mostrat a diferents professionals del sector, com ara podrien ser docents del centre relacionats en el sector 3D. El fet d'ensenyar el resultat en aquests professionals, es validaran els processos i tècniques utilitzades i seran ells qui podran percebre errors de caràcter tècnic.

Totes les persones que no siguin de l'àmbit professional del 3D que també vegin el resultat final obtingut, també les podem considerar com una eina de validació per corroborar, des d'una opinió totalment imparcial en quan al sector 3D, la credibilitat que les imatges finals s'acosti a la de les imatges reals

## 5. DESENVOLUPAMENT DEL PROJECTE

### 5.2. PREPRODUCCIÓ

#### SELECCIÓ DE LA CÀMERA

El 24 de novembre de 2017, es va visitar per primera vegada el centre D'Arts Visuals de Vic la Farinera. Aquest centre ha estat facilitat i donat a conèixer gràcies al tutor d'aquest treball, Miquel Bigas Tañá, el qual té vincles professionals amb el centre.

Aquest mateix dia se'm van mostrar les diferents càmeres d' exposició que disposaven, les quals eren moltes. Finalment ens vam decidir per una de la marca *Hermagis* i model *Field Camera*. Les raons de decisió van ser principalment estètiques, i personalment la que em cridava més l'atenció i podia ser un bon repte per a modelar i texturitzar.



Fig. 5.2.1 – Diferents models a escollir

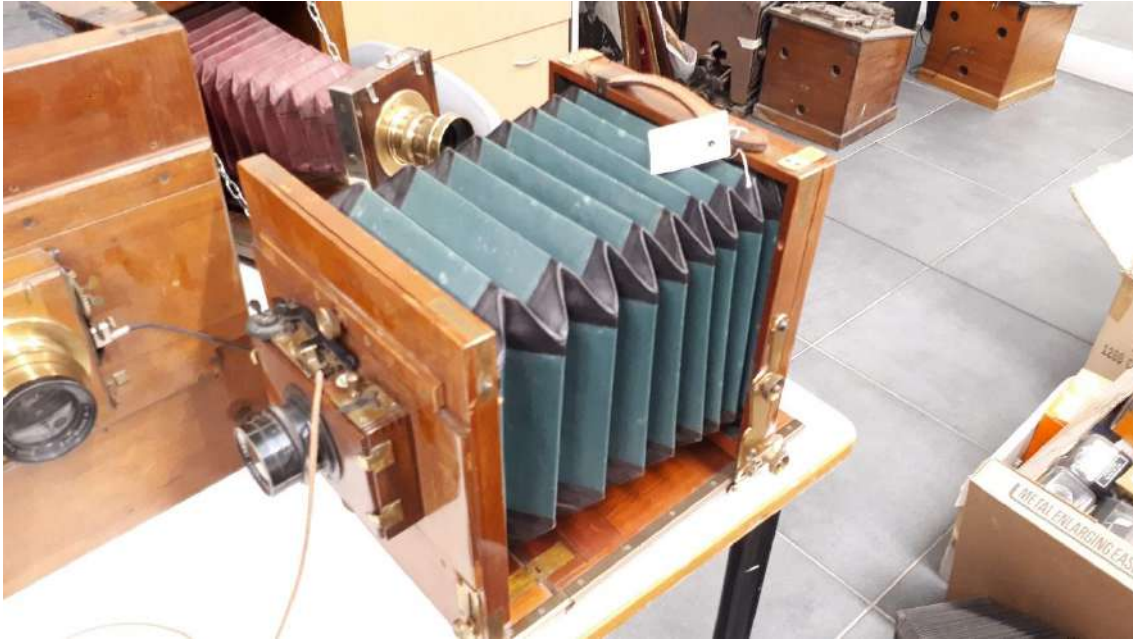


Fig. 5.5.2 – Model escollit. *Hermagis – Field Camera*

## FOTOGRAFIES

El primer pas a realitzar per el desenvolupament d'aquest projecte, ha estat el de la obtenció de les diferents fotografies de referència de la càmera a modelar i texturitzar. Aquestes fotografies de les diferents vistes (superior, inferior, laterals, frontal) seran utilitzades com a guia per modelar el resultat final.

El dia 1 de Desembre, es realitzaven les fotografies al mateix centre de la Farinera de Vic, concretament al plató del centre. El material necessari per a la realització de les imatges, va ser proporcionat per el centre, el material era el següent:

Càmera Nikon D5200	
Objectiu 70-200mm	
Objectiu 18-55mm	
Trípode Manfrotto 190XB	
2x Flash Dlite RX_one 100w	
2x SoftBox	



El següent pas va ser la col·locació de la càmera sobre una taula blanca i situar les dues fonts de llum a una distància entre elles igual respecte l'objecte, realitzant un esquema de llum com es mostra a la figura 5.2.2.

Es va utilitzar un objectiu 70-200 per capturar les imatges de referència a una distància de l'objecte d'uns 3,5 metres, el fet de tenir la càmera bastant lluny de l'objecte i utilitzar una òptica bastant llarga preveníem que les imatges presentessin fugues de perspectiva, la qual cosa perjudicaria a la concepció més fidel de l'objecte, cosa que no ens interessa a l'hora de modelar la càmera.

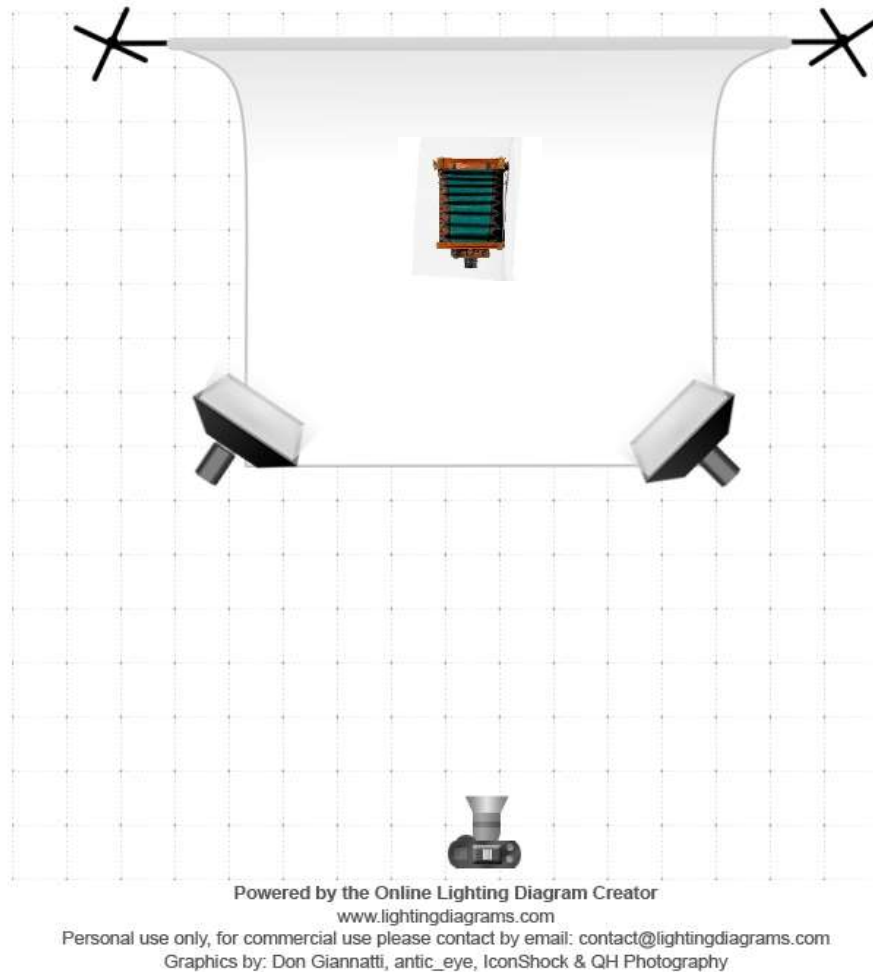


Fig. 5.2.2 – Esquema de llum utilitzat





Fig. 5.2.3 – Set del estudi

Una vegada teníem la càmera situada al trípod i la càmera a fotografiar a lloc, el següent pas va ser anivellar la càmera respecte el terra i intentar que l'angle focal de la càmera respecte l'objecte sigui el més perpendicular al terra possible per tal de poder capturar-la sense cap deformació o amb zones ocultes.

Els ajustos de càmera eren els següents:

- **Velocitat obturació:** 1/125 (aquest ajust era indiferent ja que disparàvem amb sincronia de dos flaixos externs)
- **Obertura diafragma:** f.16
- **ISO:** 100, el més baix possible per evitar tenir soroll a la imatge.

El format que es va utilitzar va ser RAW sense comprimir, d'aquesta manera es preservava la informació de tots els nivells de les imatges i poder ajustar-los com convingués posteriorment.



Fig. 5.2.4 – Ajustos de la càmera

Amb l'objectiu 18-55mm, es van capturar imatges de reforç per tenir una idea més global de la càmera i de les zones més ocultes que no s'apreciaven a les imatges de referència. Aquestes imatges també ens ajudaran a tenir una millor visualització i detall de les textures, i imperfeccions de la càmera.



Fig. 5.2.5 – Fotografies detall

Per tal d'obtenir un model 3D amb les mesures reals i idèntiques al objecte real, es va capturar una imatge de referència conjuntament amb un regle a la part superior, d'aquesta manera es tenia un registre de les mesures reals de la càmera. Tan sols amb una imatge referenciada amb el regle, la resta d'imatges ja podien ser escalades a la mida correcta utilitzant la imatge mesurada com referència.



Fig. 5.2.6 – Imatge referenciada mètricament

## PREPARACIÓ IMATGES REFERÈNCIA I ESCENA 3D

Una vegada es disposaven de totes les imatges de referència, el següent pas era retocar-les i ajustar-les de tal manera que responguessin a les mesures reals i que entre elles, coincideixin en quan a les dimensions. Per dur aquesta tasca s'ha utilitzat *Photoshop*, utilitzant els modificadors de transformació i deformació. També s'han establert les mesures de les imatges i del document PSD utilitzant la referència del regle de la imatge.

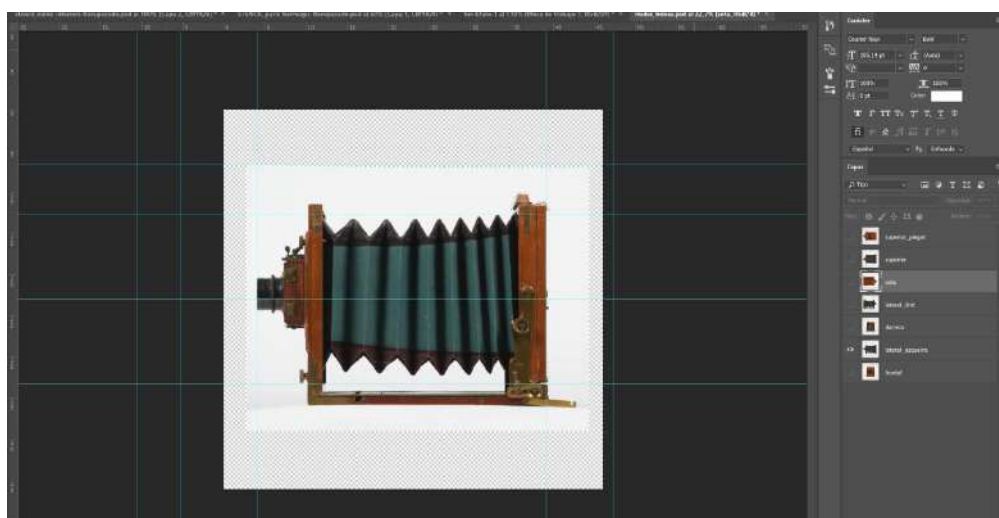


Fig. 5.2.6 – Alineament de les imatges de referència.

Seguidament d'ajustar les imatges, el següent pas, el qual es reconeix a l'etapa de preproducció, és la confecció i preparació de la escena 3D amb totes les vistes de la càmera corresponent als visors: *Top*, *Front*, *Left*, *Right*, *Bottom* del 3Ds Max.

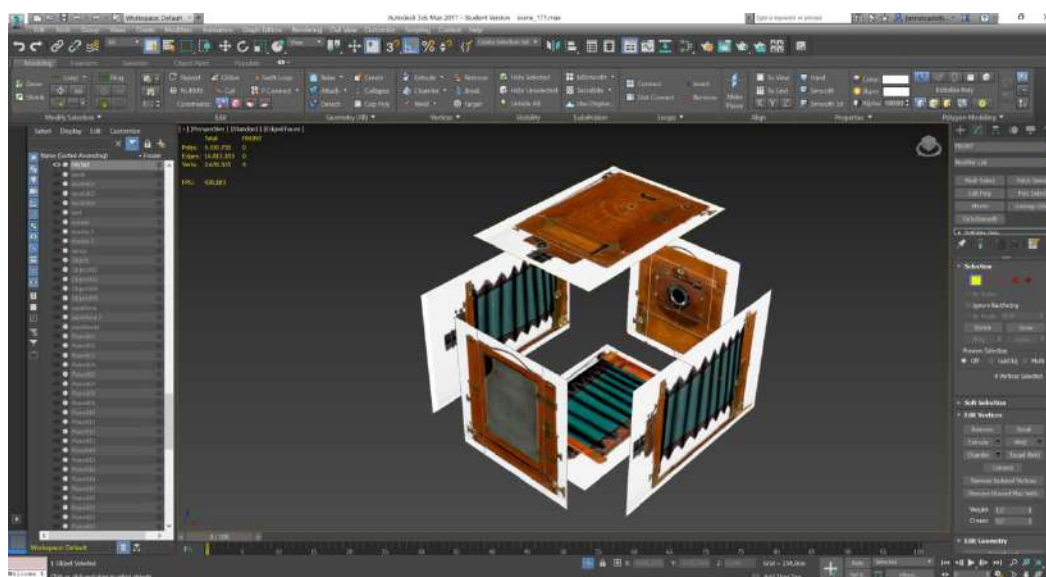


Fig. 5.2.7 – Preparació escena 3D

Per a realitzar aquesta preparació s'han seguit els següents passos:

1. Creació de sis plans de la mateixa mida de les imatges de referència, i de dimensions idèntiques a la càmera real
2. Creació de sis materials amb les diferents imatges de les vistes.
3. Ajustar l'auto il·luminació dels materials al 100% per tal de que no originin ombres i es perdi visibilitat.
4. Assignació de cada un dels materials al pla corresponent.
5. Augmentar la resolució de la previsualització de textures al visor al màxim, per poder veure amb el màxim detall possible.

Si el procés d'alineació i calibrament de les imatges prèviament dut a terme amb *Photoshop* de les imatges, ara, un cop es té l'escena a punt, els punts de vista de cada vista haurien de coincidir perfectament, de totes maneres, s'ha vist que no coincidien perfectament per tant s'ha hagut de modificar els plans o moure'ls de posició per tal de que quedessin ben alineats amb les altres vistes.

Per ajudar-se, s'ha modelat ràpidament un cub que correspon a una peça de la càmera, a partir d'aquí només cal ajustar, reescalar, o moure els plans perquè coincideixi aquest cub modelat.

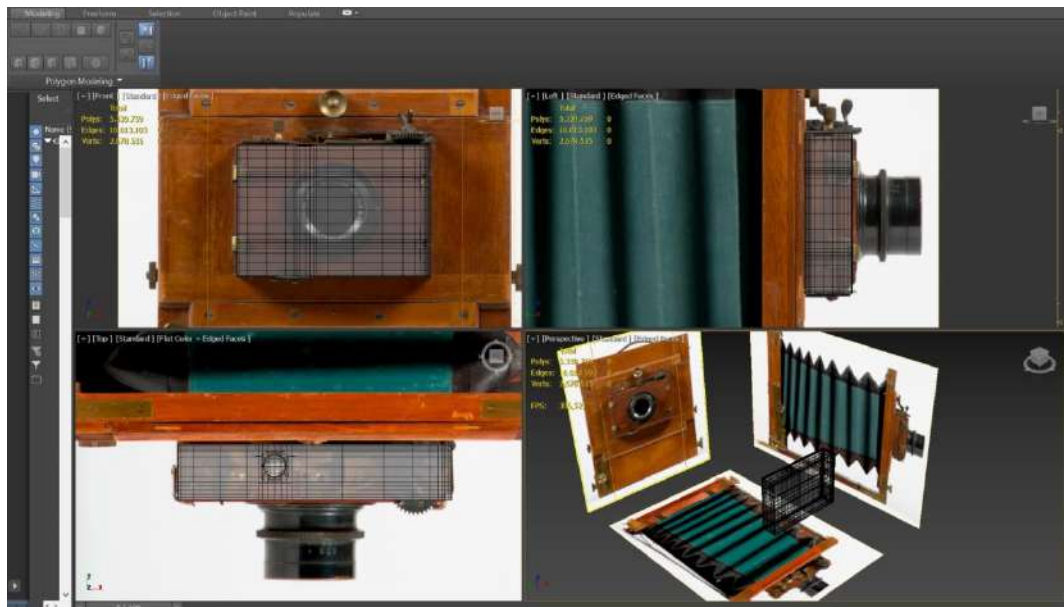


Fig. 5.2.7 – Reajustament vistes per fer-les coincidir



## 5.3. PRODUCCIÓ

### MODELAGE

Com bé hem analitzat a l'estat de l'art, aquest projecte s'utilitza el modelatge poligonal a partir de figures primitives, anomenat *box modeling*. El procés comença, a partir d'una figura primitiva, ja sigui un cub, un cilindre, un tub, etc, cal remarcar que el modelatge *hard Surface modeling*, és a dir, modelatge d'elements sòlids geomètrics, facilita la utilització d'aquestes primitives.

Posteriorment, aquestes peces de naturalesa bàsica se'ls hi aplica un modificador anomenat *Edit Poly*. Aquest modificador serà la base del modelatge, ja que ens permet editar la malla del cos primitiu en tots els seus nivells de jerarquies, vèrtex, segments, polígons, i elements.

A partir d'aquí, amb ajuda de les imatges de referència i utilitzant els diferents visors, i un material amb una opacitat del 40%, es procedeix a modificar els vèrtexs, segments o polígons, per tal de que coincideixin amb la imatge de referència, utilitzant principalment les eines de moviment, rotació i escala. En aquets processos, s'hi sumen eines de modelatge que permeten tenir un control més elevat de la formació de la malla respectant l'espai i la forma de les imatges de referència.

Algunes d'aquestes eines són la de *Swift Loop*, la qual permet afegir segments que envolten tota la malla i segueixen el sentit i direcció dels polígons. La de *Connect* o *Bridge* per connectar i unir ja sigui o bé vèrtexs, segments o polígons. Una altra eina d'unió utilitzada és la de *Weld*, com bé indica la paraula en anglès, solda dos vèrtex i els fusiona en un individual. Totes aquestes eines ens permetran obtenir una malla, la qual està formada exclusivament per quadrangles, tipològicament ben ordenada, sense obertures ni irregularitats que afectarien a la posterior texturització.

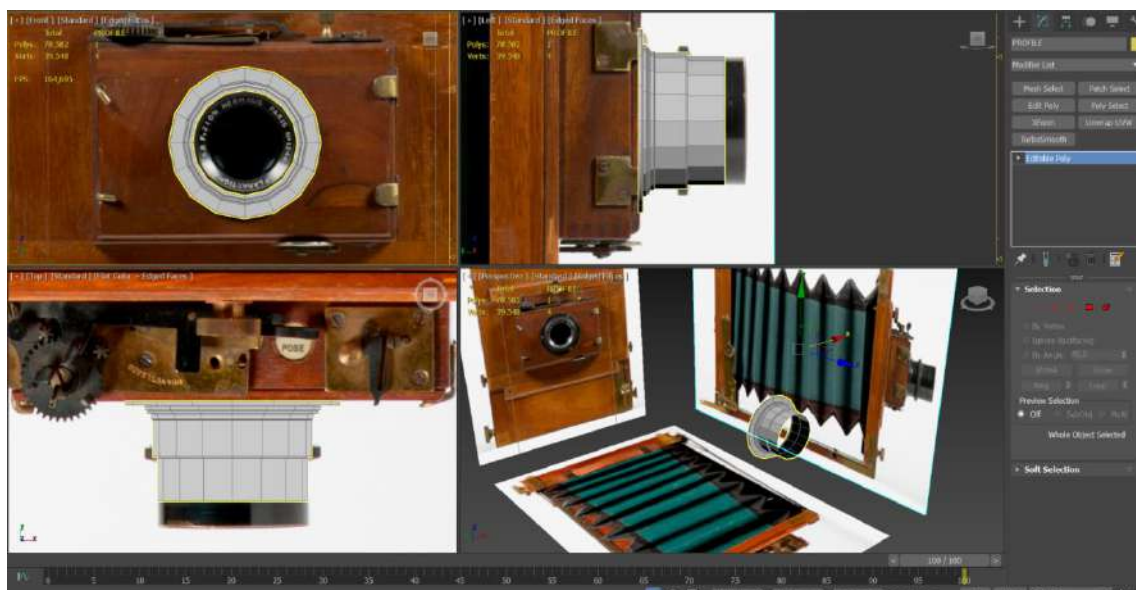


Fig. 5.3.1 – Modelatge mitjançant el modificador *Edit Poly*

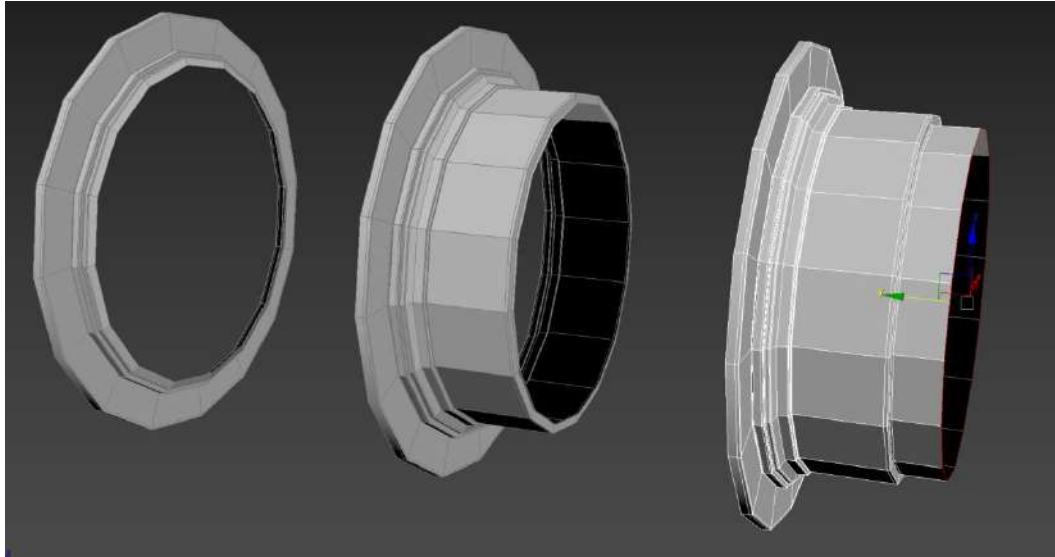


Fig. 5.3.2 – Modelatge mitjançant el modificador *Edit Poly 2*

Cada peça de la càmera equival a una peça individual modelada, s'ha optat fer-ho d'aquesta manera per tal de que sigui més fàcil la posterior texturització de cada peça.

### **Suavitzat de la malla**

Tal i com s'estableixen als objectius, el model final es pretén que sigui amb el màxim nivell de detall possible, per tant, una vegada tenim la peça modelada amb un número de polígons baix, es procedeix a utilitzar el modificador *TurboSmooth*, la funció d'aquesta eina és afegir subdivisions a la malla, es regeix per la proximitat dels segments, és a dir, allà on la distància entre dos segments sigui més petita, significa que presentarà més curvatura, per tan, que l'angle serà més tancat, a diferència de les zones amb menys densitat de segments, ho processarà com a zones més relaxades i més ondulades, sense forts canvis de direcció en la malla.

Per dominar aquestes intensitats de curvatures, s'utilitzen els anomenats *Support Edges*, que com bé indica el nom en anglès, permeten donar suport a aquelles zones on es necessita més curvatura o menys.

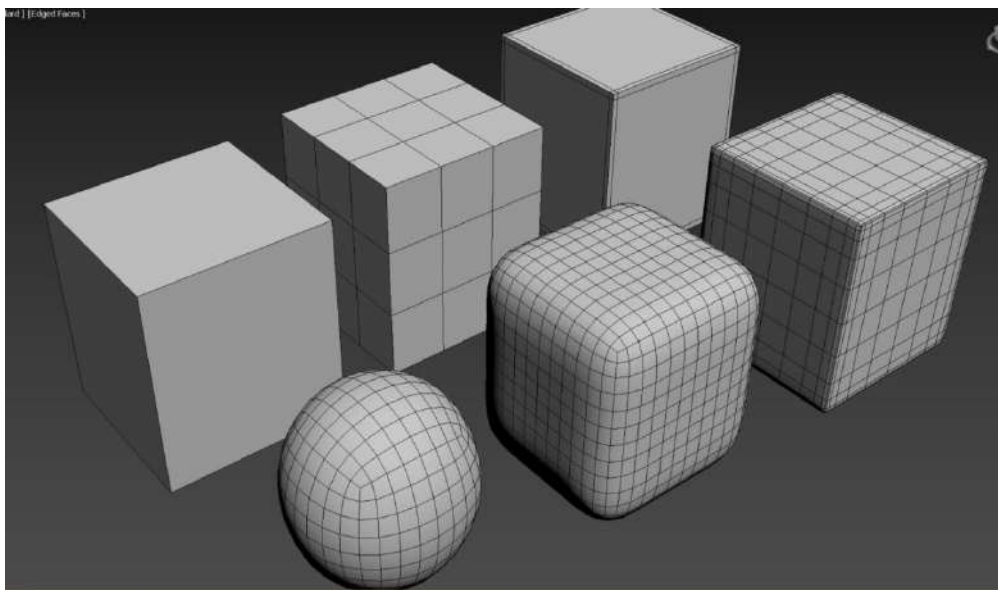


Fig. 5.3.3 – Diferents afectacions dels *Support Edges* utilitzant el modificador *TurboSmooth*

Com veiem a la figura 5.5.3, els *Support Edges* tenen una importància molt gran, ja que poden modificar per complet una primitiva. A la imatge, veiem de esquerra a dreta, diferents segments aplicats als objectes primitius, des de cap segment, regularment distribuïts, o situats als extrems dels contorns del cub. Veiem que allà on hi ha més densitat de segments, el modificador *TurboSmooth*, aplica més detall. Com es pot veure a la figura 5.3.4, aquest modificador ens és de gran ajuda ja que, conjuntament amb els segments de suport, es poden obtenir resultats amb un alt nivell de detall.

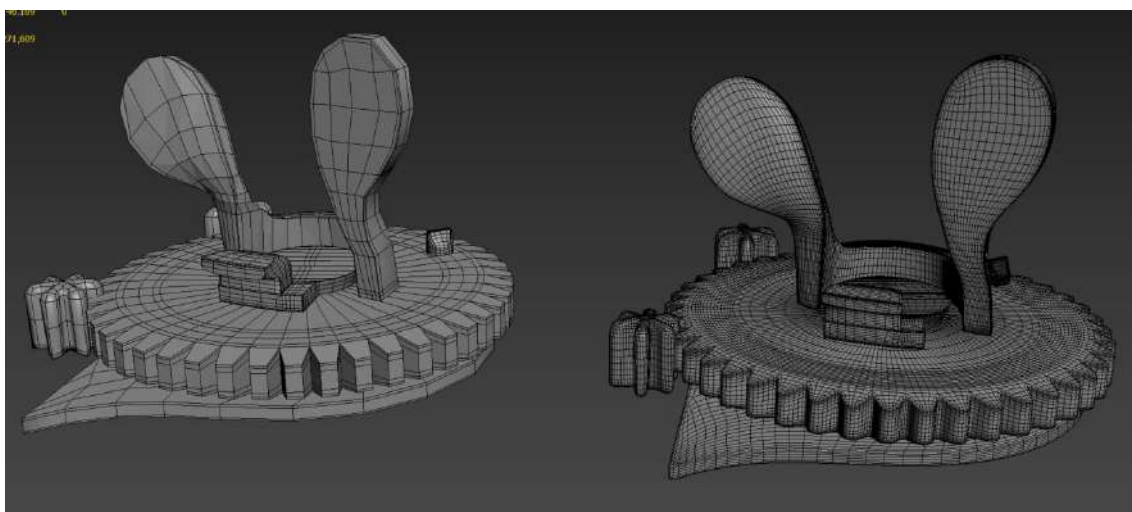


Fig. 5.3.4 – Peça de la càmera, esquerra sense modificar, dreta amb modificador *TurboSmooth*

## Scripts

A mida que el projecte anava avançant, s'han detectat processos els quals es repetien constantment i els quals eren dificultosos i lents, i degut al meu baix coneixement, em vaig veure amb la necessitat de fer una recerca en relació aquets processos repetitius. Aquests són principalment dos:

1. El primer ve relacionat amb la creació de forats i circumferències a la malla, com per exemple podrien ser els forats en els quals se situen els visos, o en general qualsevol obertura circular de la malla.

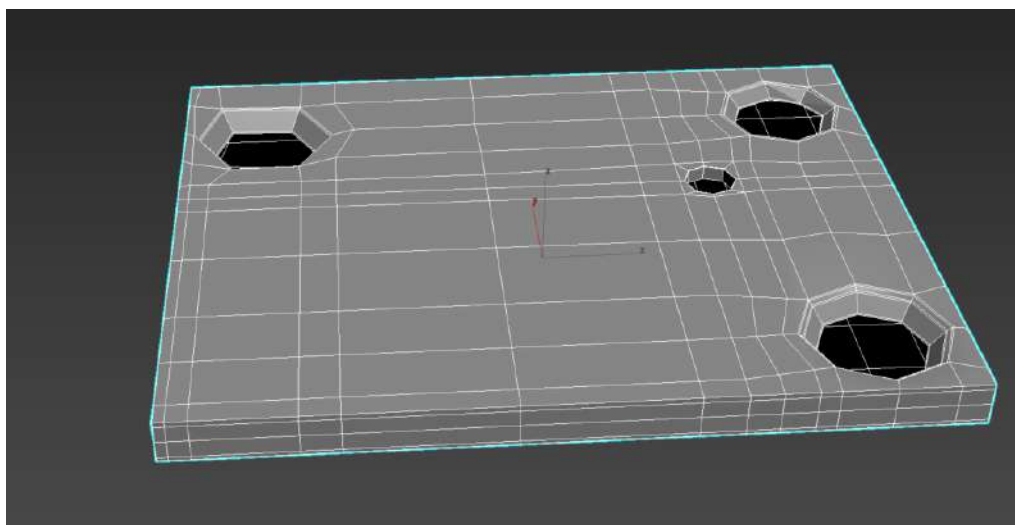


Fig. 5.3.5 – Forats i obertures d'una peça determinada.

Anteriorment de trobar informació, aquest procés era realitzat a mà i sense cap mena d'automatització, la malla s'anava modificant vèrtex a vèrtex i segment a segment per aconseguir tenir un hexàgon a la malla, el qual era eliminat, i un cop aplicar el modificador *TurboSmooth*, aquests hexàgons es convertien en circumferències.

Més endavant es va descobrir el Script *Regularize Loop*, aquest script, el qual s'instal·la fàcilment al programari 3D, permet realitzar aquest procés automàticament. Se seleccionen els polígons els quals es volen transformar en formes hexagonals i s'executa mitjançant una adreça que s'assigna al teclat.

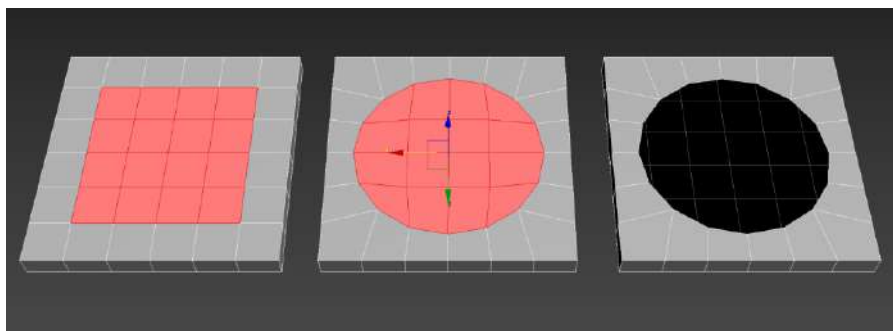


Fig. 5.3.6 – Funcionament Script *Regularize Loop*



2. El segon procés era el de tancar o connectar obertures a una malla complexa, per exemple a la punta d'una rodeta dentada, a la part interior, era un procés bastant feixuc i no quedava del tot correcte. Es va trobar el Script *Rapid QCap*, el qual solucionava i automatitzava aquest procés.

Es seleccionen els segments que formen una vora (forat) els quals es vol tancar, i s'executa el script.

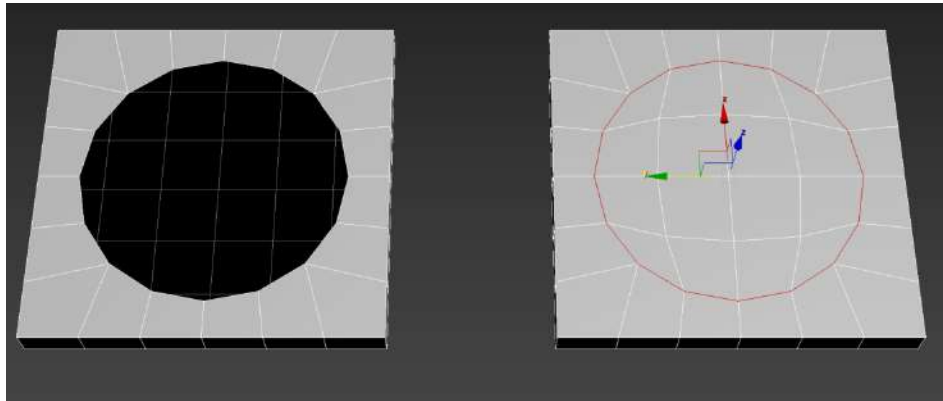


Fig. 5.3.7 – Funcionament del Script Rapid QCap.

Amb la utilització d'aquests Scripts, s'ha estalviat molt temps i s'han resolt problemes que sense aquestes eines externes no hagués estat una tasca fàcil.

## Modificadors

Altres modificadors a part dels dos principals que hem vist (*Edit Poly* i *TurboSmooth*) també s'han utilitzat alguns altres per completar certes tasques o processos aquests modificadors són:

### 1. *Symmetry*

La funció d'aquest modificador és reflectir allò que s'està modelant al costat oposat, o allà on es desitja, utilitzant un centre de reflex determinat. Aquest modificador ens pot estalviar temps en segons quines peces, ja que moltes d'elles són simètriques i per tal només és necessari modelar la meitat o fins i tot un quart de la peça al complet.

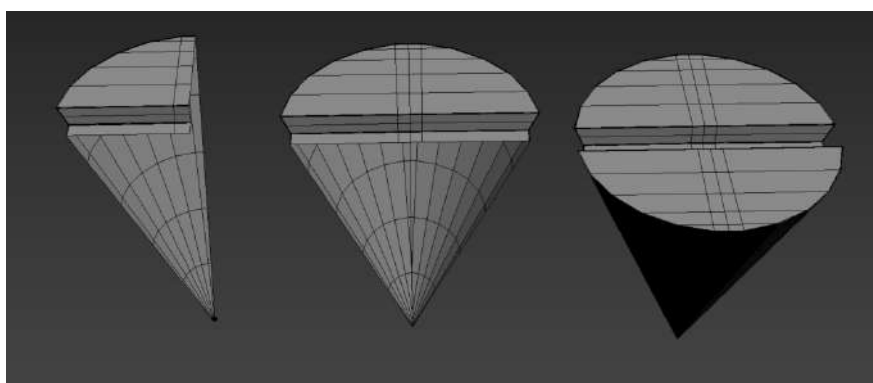


Fig. 5.3.8 – Modificador *Symmetry* a partir d'un quart del model

### 2. *Shell*

En determinades peces, és més convenient y més còmode modelar-la a partir d'un pla, sense volum. A vegades si es comença a modelar utilitzant *box modeling*, ens crea algunes limitacions. Aquest modificador, permet extruir i donar volum a una peça o malla que te la naturalesa d'un pla en 2D, sense altura ni volum.

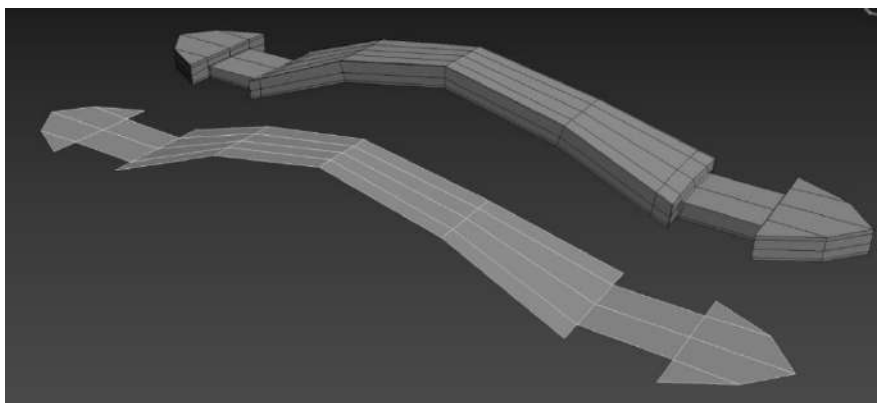


Fig. 5.3.8 – Modificador *Shell*

Finalment, utilitzant totes les eines, i modificadors que s'han comentat fins ara, es consoliden totes les peces de la càmera, concretament, el número total de peces és de **229**, amb un total de **5.340.228 polígons**. Cal remarcar, que en aquest projecte no s'ha tingut molt en compte la optimització de la malla, ja que aquest model no serà utilitzat per entorns interactius o per alguna animació en vídeo en els quals el temps de render és important. Com en aquest cas s'hauran de fer pocs renders individuals, el temps que costi computar aquests fotogrames finals és bastant irrellevant.

Total		
Polys:	5.340.228	0
Edges:	16.014.503	0
Verts:	2.678.783	0
FPS:	349,813	

Fig. 5.3.9 – Estadístiques finals del model

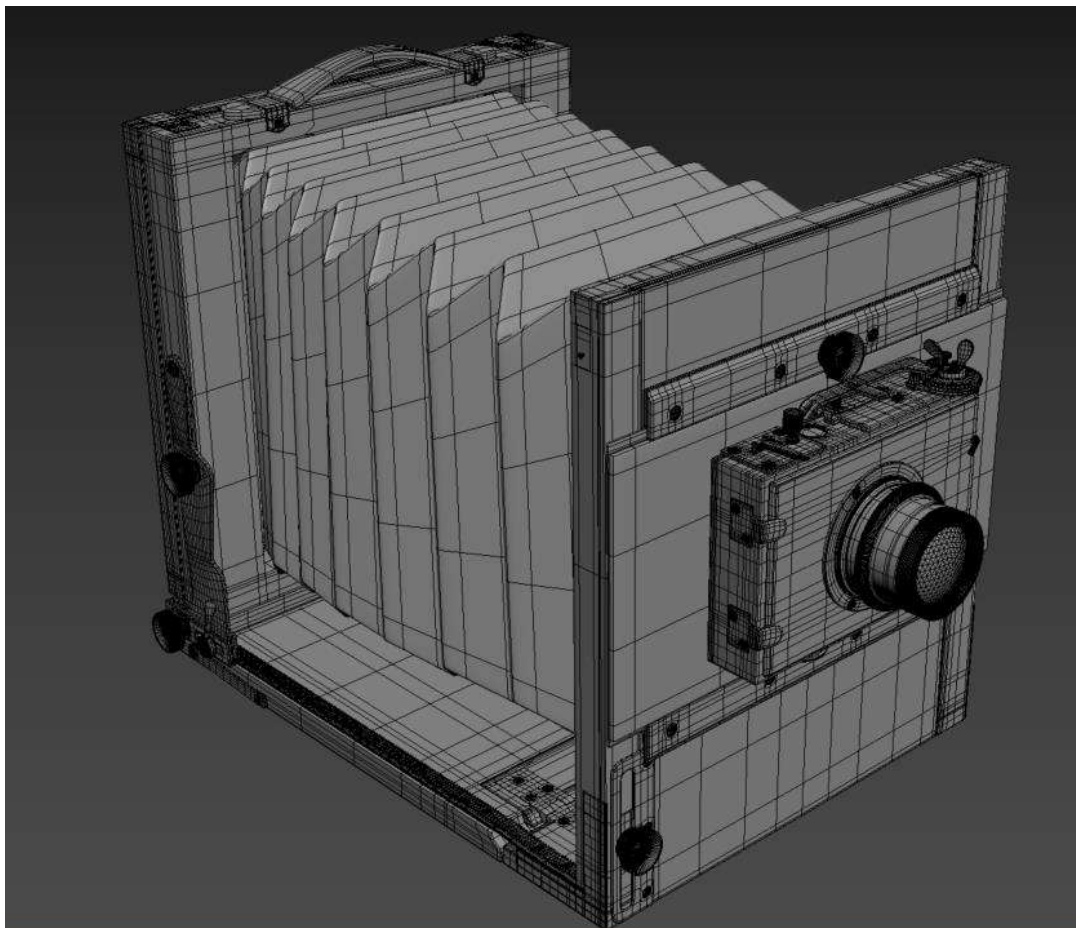


Fig. 5.3.10 – Model de la càmera finalitzat

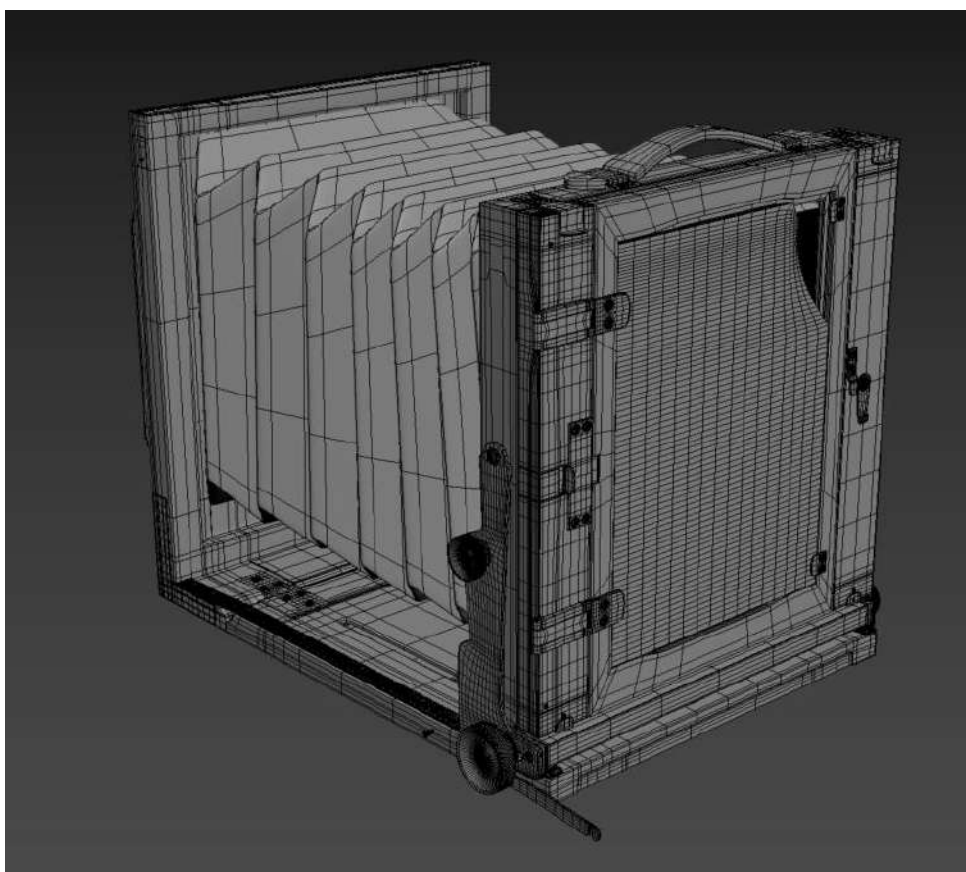


Fig. 5.3.11 – Model sencer finalitzat. Vista de tres quarts posterior

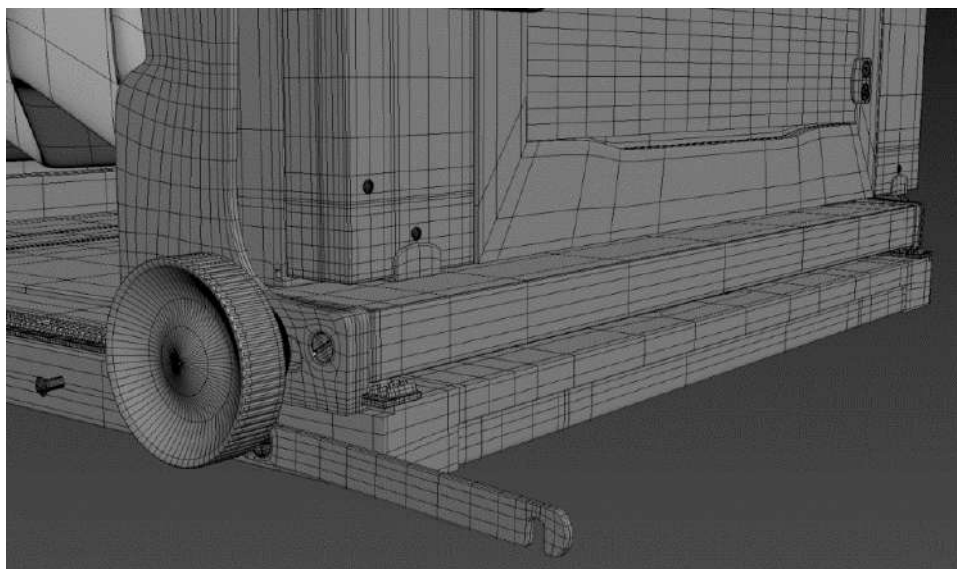


Fig. 5.3.12 – Model sencer finalitzat. Detall rodeta

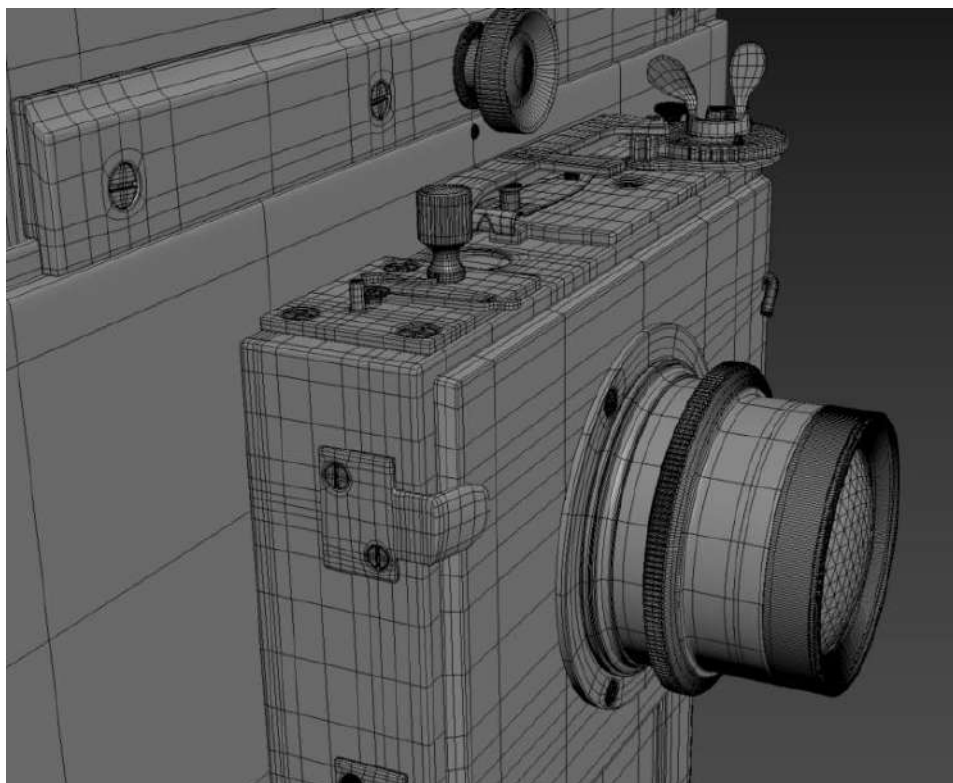


Fig. 5.3.13 – Model sencer finalizat. Detall objectiu

## TEXTURITZACIÓ

Un cop disposem de tot l'objecte modelat, es disposa a passar al següent pas, texturitzar peça a peça. Per aquesta etapa del projecte, s'utilitza el programa *Substance Painter*, un programari totalment nou per a mi i prèviament mai utilitzat.

El primer pas necessari per a una correcta texturització passa per fer el desplegament dels mapes de textures de cada peça. Aquest procediment ens permet desplegar i establir unes coordenades sobre la malla per tal d'establir com es distribuirà la imatge (textura) a sobre la malla. Sense aquest pas, les textures sortarien deformades i gens realistes.

Per fer aquests desplegaments de les textures, s'ha utilitzat un modificador molt potent del mateix *3Dsmx*, aquest modificador es diu *Unwrap UVW*. Aquest mateix modificador, disposa de moltes eines i funcions que permeten fer un correcte desplegament de la malla. Amb diferents funcions de projeccions de la textura, i modificació manual de les juntes, s'acaba aconseguint un mapa de textura com el de la figura 5.3.13 i 5.3.14.

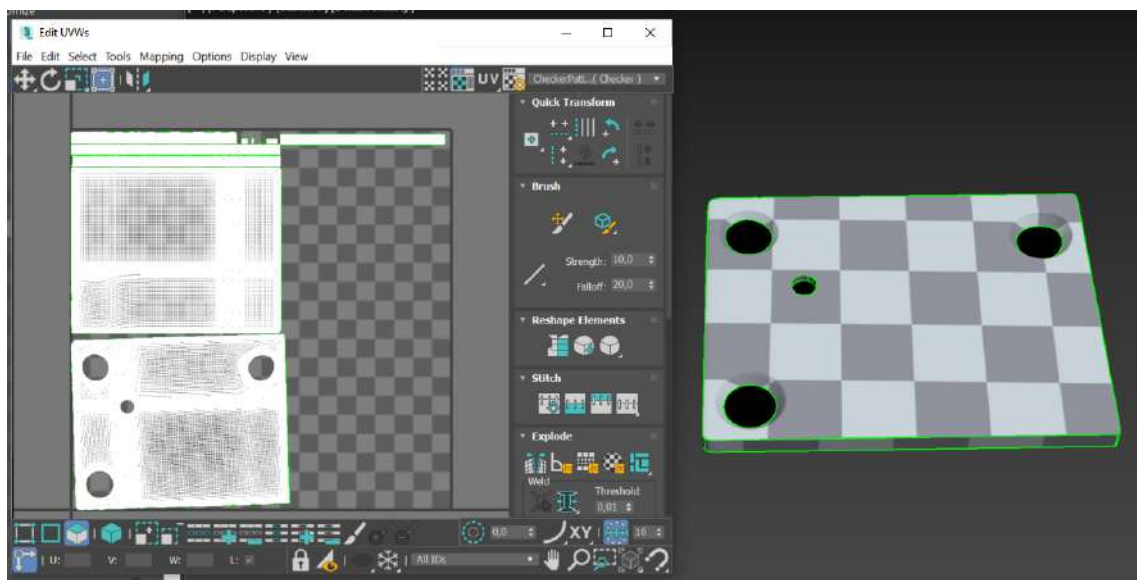


Fig. 5.3.13 – Desplegament de la malla mitjançant el modificador *Unwrap UVW*



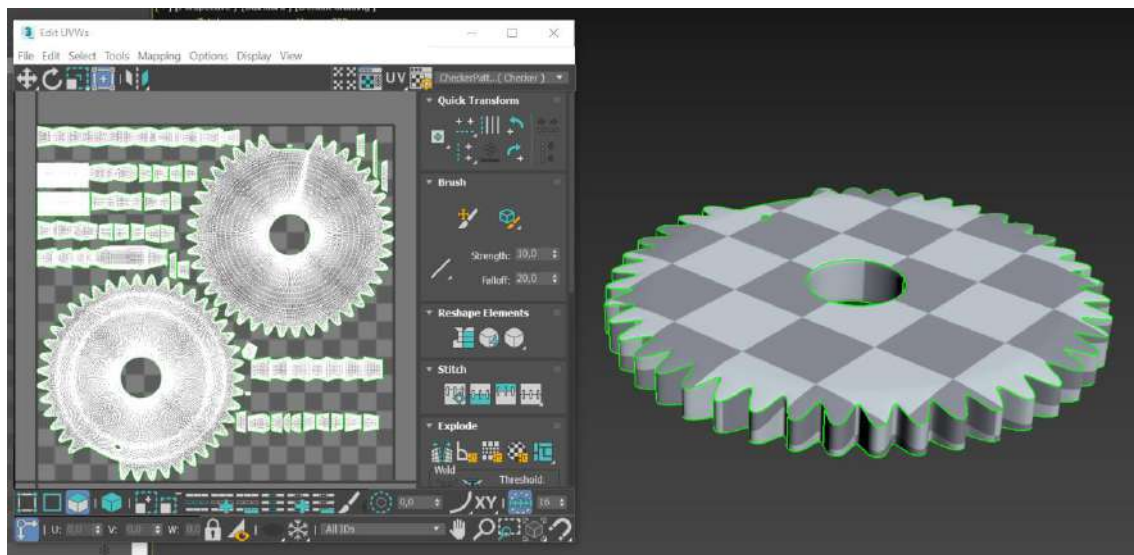


Fig. 5.3.14 – Desplegament de la malla mitjançant el modificador *Unwrap UVW- 2*

Després de 9 hores de treball, es van acabar de desplegar i establir totes les peces amb aquest modificador. Cal remarcar que el fet d'utilitzar una malla tan densa poligonalment parlant, en certes peces ha estat un procés més lent i difícil, però mitjançant un correcte us de la eina s'ha assolit sense problemes.

El següent pas que ha estat necessari dur a terme ha estat l'assignació individual de materials a les diferents peces. A cada peça se li ha assignat un material amb el nom descriptiu de l'objecte determinat. Per tant, s'han creat 229 materials amb noms diferents, aquest procés ens facilita un *workflow* de treball més còmode dins el programa *Substance Painter*.

Com bé he comentat al treballar amb una malla tan densa de polígons, s'ha seccionat per parts la texturització. La idea inicial era exportar tot l'objecte i portar-lo al *Substance Painter*, però un cop es va intentar, el recurs i la potència de l'ordinador no eren suficients i es va veure necessari exportar per conjunts les peces i posteriorment tartaritzar-les.

## Substance Painter

*Substance Painter* és una eina potentíssima per pintar, texturitzar i renderitzar en un entorn 3D que és àmpliament utilitzada per entorns i camps de treball com els dels videojocs, o per aconseguir resultats molt similars a la realitat. Tot utilitzant el *workflow* de textures PBR (*Physically Base Rendering*).

Per començar a texturitzar amb aquest programa, primer s'ha d'importar el conjunt de peces que es vol texturitzar, escollir una resolució de textura i acceptar.

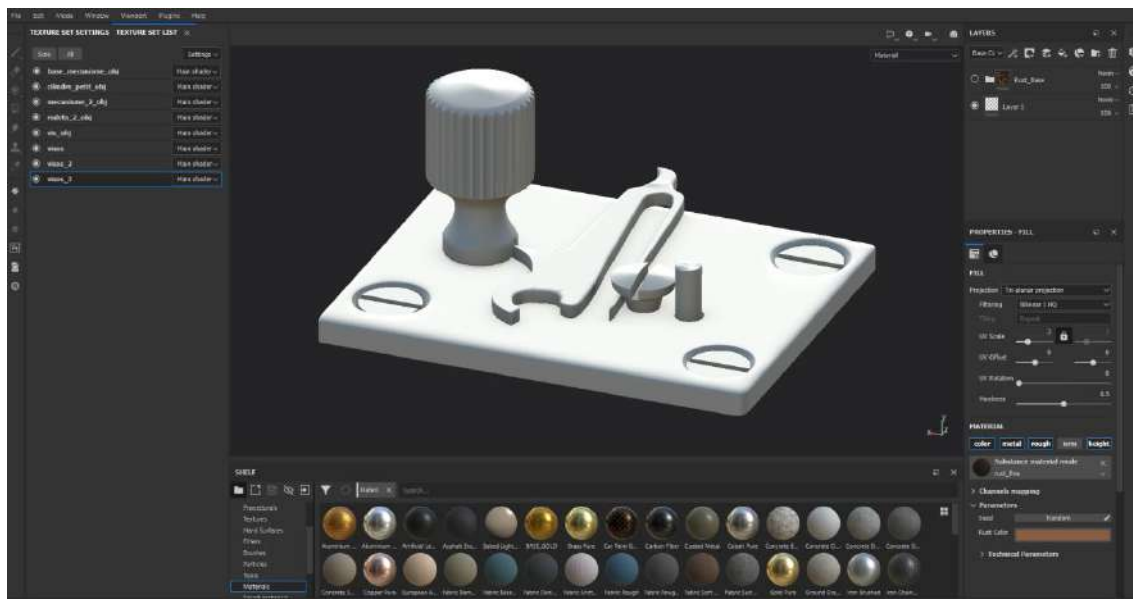


Fig. 5.3.15 – Conjunt de peces importat a *Substance Painter*

Un cop tenim el model importat, el següent pas es renderitzar tots els mapes de textures que defineixen la informació principalment de: Mapes de Normals, ID de materials, de curvatura i oclusió ambiental. Aquest procés es estrictament necessari ja que posteriorment quan afegim textures, el programa necessita aquesta informació per realitzar certes funcions, com ara, aplicar una mascara intel·ligent de curvatura la qual als angles més pronunciats (cantonades principalment) els tracta de diferent manera que en la resta de la malla. Aquest procés també ve limitat per un correcte desplegament de les textures, sinó s'ha realitzar correctament apareixen errors.



Després d'haver renderitzat els mapes principals, es procedeix a la pròpia texturització de les peces. Primer s'estableix un material base el qual es defineixen les seves principals propietats:

- **Color base**, definir el to de la superfície.
- **Nivell de metallitat**, en quin nivell la superfície de l'objecte absorbeix o reflecteix els raigs.

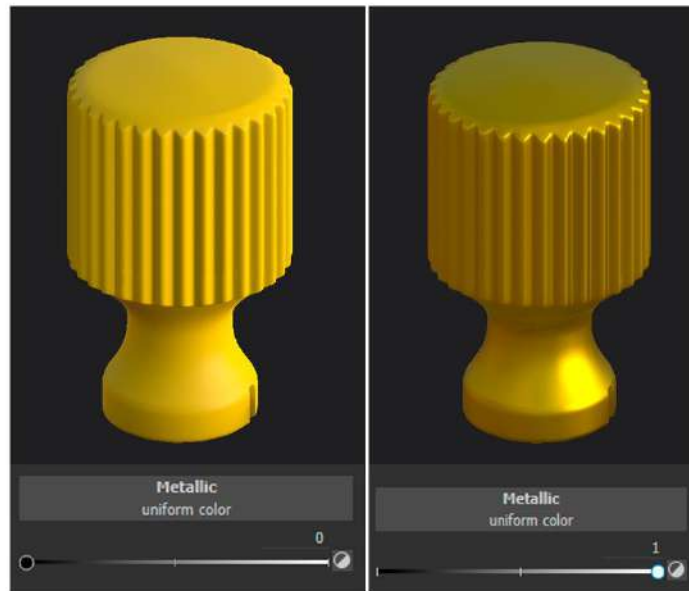


Fig. 5.3.16 – Diferència de material amb màxim o mínim nivell de metallitat.

- **Rugositat (*roughness*)**, aquest concepte es podria definir com el nivell de irregularitat que la superfície presenta i efecte als raigs que incideixen. Per aquesta propietat, es pot fer servir una imatge o bé d'algun tipus de soroll determinat fins a màscares *Alpha*.

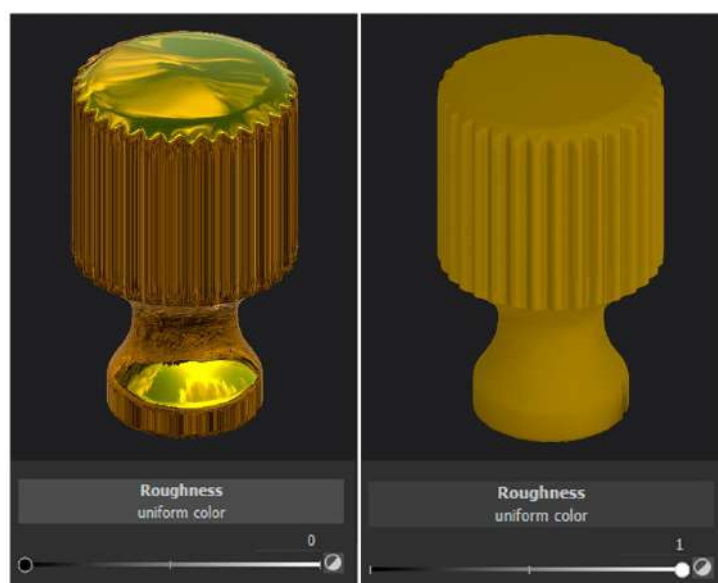


Fig. 5.3.17 – Diferència de material amb màxim o mínim nivell de rugositat

- **Height**, aquesta propietat defineix el nivell de desplaçament que el material presenta sobre la superfície. Aquesta informació es guarda al canal *Bump* dels mapes de Normals.



Fig. 5.3.18 – Diferència de material amb màxim o mínim mig de *Height*

Una vegada, es defineix el material base, es procedeix a aplicar una segona capa d'un altre material el qual afegirà detall amb ajuda de màscares. Cal remarcar que aquest programari treballa amb un sistema de capes, com podria ser *Photoshop*, la influència és jeràrquica, de les capes inferiors cap a les superiors.

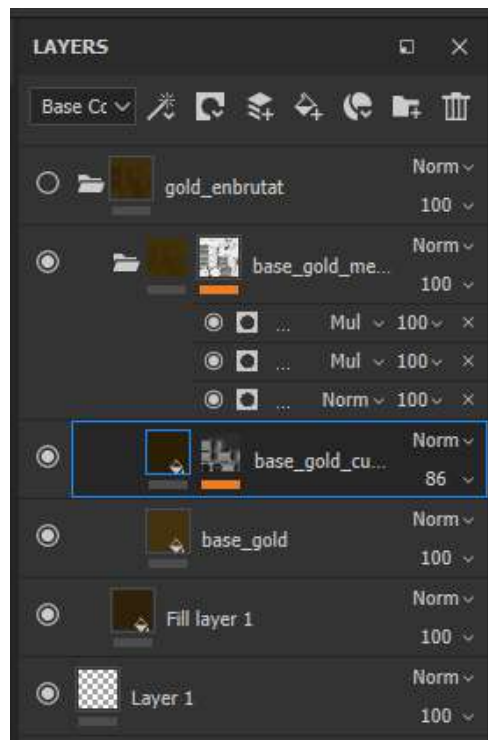


Fig. 5.3.19 – Conjunt de capes d'un sol material

## Smart Masks

Les *Smart Masks*, ens serviran de gran ajuda per afegir detall i imperfeccions als objectes. Aquestes màscares treballen sobre el material de les capes superiors, deixant visible el material jeràrquicament inferior. Ens serviran per afegir pols, rallades, rovellats, i tot tipus de imperfeccions. Al aplicar una màscara d'aquestes, es poden modificar tota una sèrie de valors i ajustos per tal d'aconseguir el resultat que ens agrada, des del grau de imperfeccions, la forma, la rugositat, el grau d'afectació a les cantonades (curvatura), les dimensions de les imperfeccions, etc. Moltes d'elles ja venen preestablertes per imitar característiques similars a la realitat, com per exemple rovellat, humitat, pols suau, més forta, esquerdes i ratllades.

Aquestes eines gairebé automàtiques, són una bona manera ràpida i efectiva per recrear detall, però no és la única manera. També es pot crear aquesta màscara manualment.

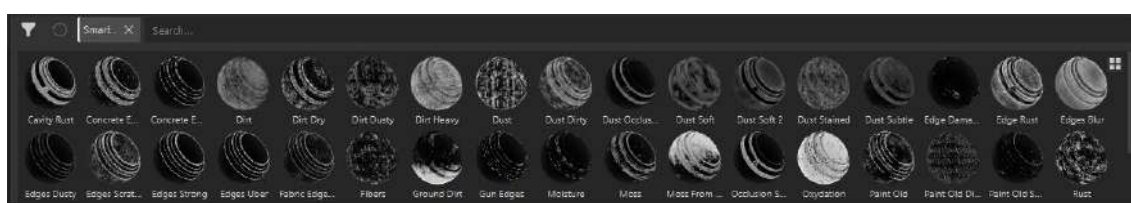


Fig. 5.3.20 – Diferents models de màscares intel·ligents.

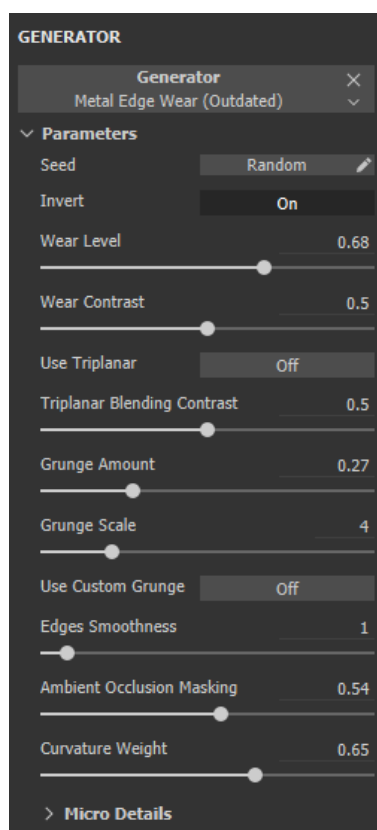


Fig. 5.3.21 – Ajustos de les màscares intel·ligents

## Brushes (Pinzells)

La utilització de pinzells és una manera alternativa per crear màscares als materials.

Tenint com a base un material determinat, es pot pintar amb aquest material aquelles zones on es desitja. És una eina molt potent ja que existeixen moltes formes de pinzells, gruixos, opacitat i fins i tot es poden utilitzar imatges de contorns determinants com a pinzells. Les *smart masks*, aconsegueixen un resultat molt interessant, però sempre no està de més acabar de retocar les imperfeccions amb el traç pròpiament humà.

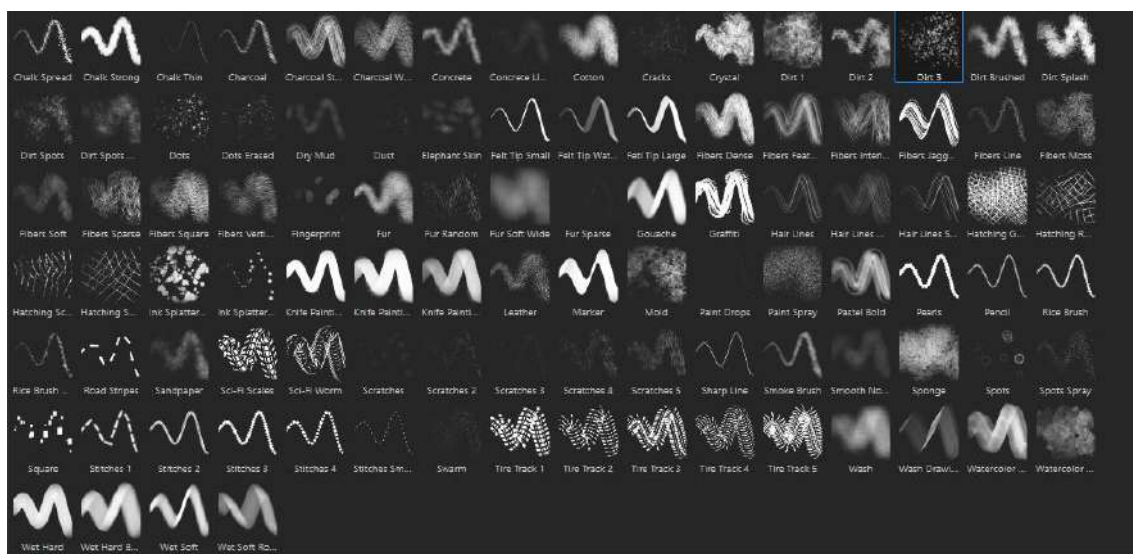


Fig. 5.3.22 – Alguns dels pinzells disponibles oferts per el mateix programari

## Stencils (plantilles)

Les *Stencils* en anglès plantilles, ens serviran principalment per gravar text, caràcters, símbols o números a la textura. Com per exemple son les lletres del objectiu, els números d'augment, i algun altre símbol. Les plantilles utilitzen màscares *Alpha*, aquestes màscares les podem crear nosaltres o les podem escollir del mateix software (fig. 5.3.23)

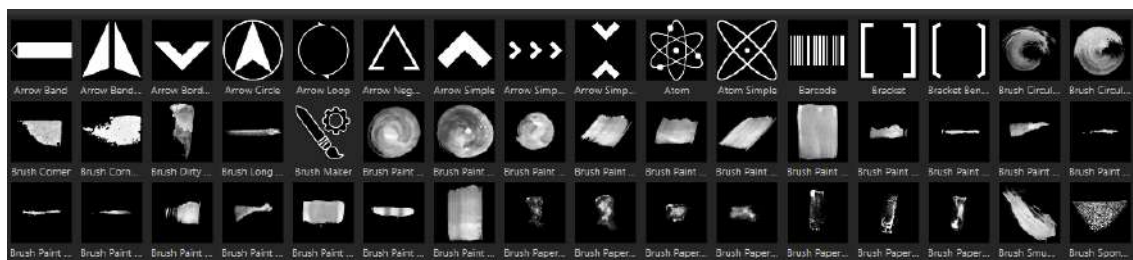


Fig. 5.3.23 – *Alphas* que ofereix el programa

De totes maneres, s'hauran de crear màscares *Alpha*. Un cop creada la plantilla, es selecciona la imatge i s'executa la funció de *Stencil*. Un cop s'activa aquesta funció, apareix la plantilla en el visor, seguidament, amb el pinzell es pinta sobre els caràcters, quedant així el relleu de les lletres marcat sobre la superfície amb aquell material amb que es pinta.



Fig. 5.3.24 – *Stencil* en execució

Una vegada anomenats els processos i eines que s'utilitzen per texturitzar, veiem i analitzem a continuació el conjunt de capes d'una peça de la càmera, l'objectiu. Aquest anàlisi ens permetrà fer-nos una idea de com s'ha prosseguit a texturitzar les peces, ja que totes elles es texturitzen utilitzant el mateix *workflow*.

Primer importem el model i fem el *Bake* dels mapes essencials: Normals, ID, *Ambient Occlusion* i Curvatura. (fig. 5.3.25)

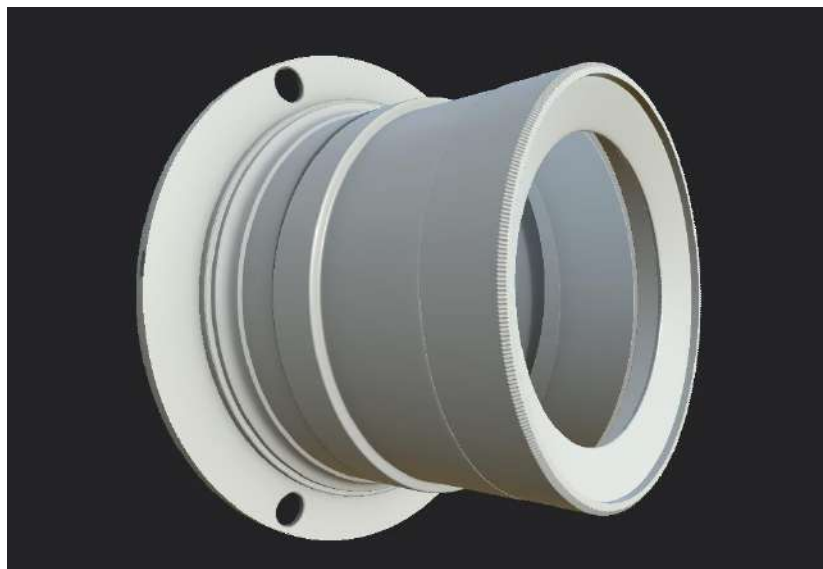


Fig. 5.3.25 – Importació model a texturitzar.

Seguidament es procedeix a crear el material base, aquest material, al analitzar les imatges de referència, veiem que és el daurat que és present a les vores del objectiu (fig.5.3.26). Podríem definir-lo com el color intern del objecte.



Fig. 5.3.26 – Imatge referència per analitzar materials.

Creem el material amb les següents propietats: (fig.5.3.27)

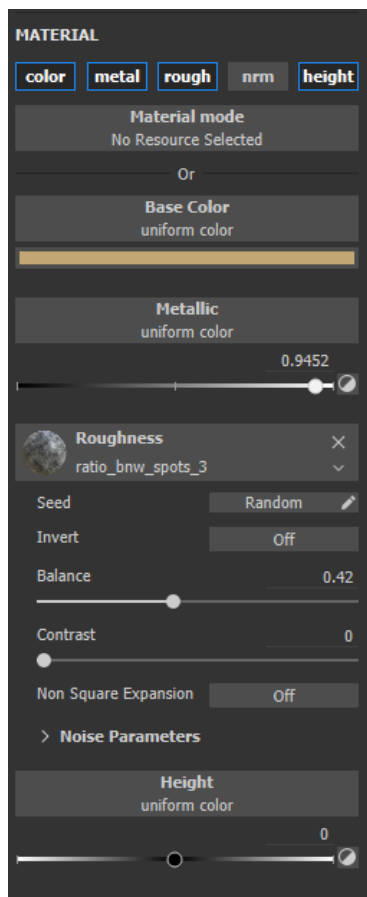


Fig. 5.3.28 – Aspecte material base daurat.

Fig. 5.3.27 – Propietats material base.



A grans trets, és un material que intenta imitar el daurat, d'un to groguenc, amb una naturalesa metàl·lica gairebé del 100%, i amb una imatge de soroll com a rugositat.

Seguidament s'ha de crear un segon material de color negre i amb propietats metàl·liques, el qual serà la pintura. Aquest material te les següents característiques (fig. 5.3.29):

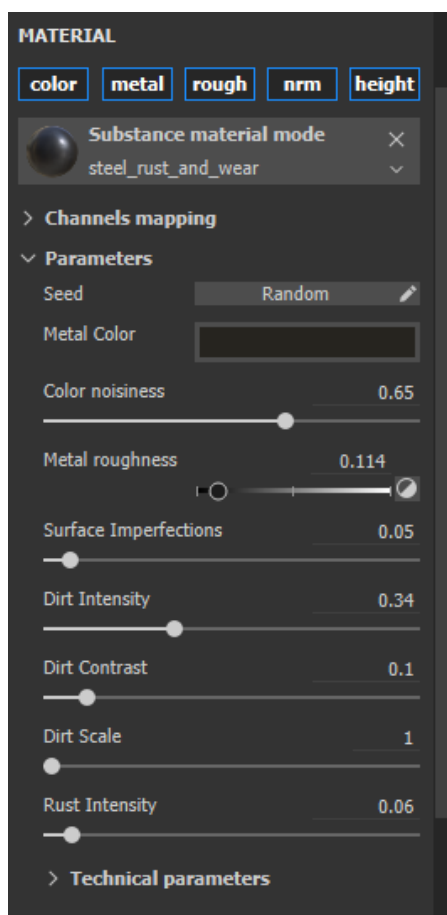


Fig. 5.3.29 – Propietats material pintura negra



Fig. 5.3.30 – Aspecte material base negra

En aquest cas, aquest material s'ha escollit de la biblioteca pròpia del mateix programa, el qual presenta ja uns ajustos específics com per exemple, modificar les rallades, rovellat intensitat i contrast de la pols.

Ara, aquest material creat, com que es troba a una posició superior a del anterior creat, l'està ocultant, per tant necessitem una màscara intel·ligent per tal de fer saltar el material daurat situat a la part inferior. Per tal de realitzar aquest procés, afegim a aquest material negre, una màscara de color blanc (en termes de màscares, el color blanc equival a una visibilitat del 100% i el negre d'un 0%). Apliquem una màscara intel·ligent que afecta a la curvatura de la malla, de tal manera que allà on la malla presenta una curvatura pronunciada (vores) o assigna amb color negre, és a dir, 0% visible, la qual cosa permetrà que el material inferior es mostri.



Fig. 5.3.31 – Aspecte del objecte amb la màscara intel·ligent aplicada.

Aquest material, ja s'assembla més a la realitat, però trobem a faltar brutícia i pols. Per afegir aquestes propietats, podem fer-ho de la mateixa manera que coneixem fins ara, creem un nou material similar a la pols, sense metallitat i molta rugositat irregular, aquest material cal que es situï a sobre del tot de les capes anteriorment creades.

Utilitzant una màscara intel·ligent que replica la pols o sigui menys agressiva, i amb ajuda de pintar sobre la màscara directament amb diferents pinzells que repliquin la forma i dimensions de la pols (fig. 5.3.32), obtenim una lleugera pel·lícula sobre els dos materials creats que ens afegeix brutícia i pols (fig. 5.3.33)

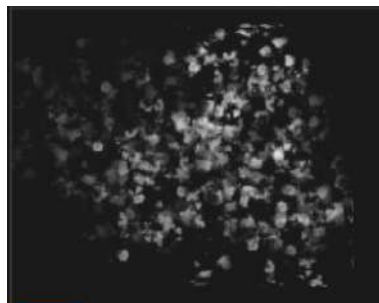


Fig. 5.3.32 – Pinzell utilitzat per afegir pols





Fig. 5.3.33 – Material amb pols i brutícia afegida

Finalment, faltará fer la inscripció que hi ha al frontal del objectiu amb el nom de la marca i dades específiques i els números de augments del objectiu.. Per realitzar aquest pas utilitzarem la tècnica que s'ha comentat anteriorment, l'*stencil*. Primer s'ha de crear la plantilla, la qual s'anomena *Alpha*, les zones blanques, és on l'afectació del material serà del 100%. La plantilla és elaborada utilitzant el software *Photoshop*, basant-se amb les imatges de referencia per tal de que siguin idèntiques.



Fig. 5.3.34 – *Stencil* amb lletres frontals

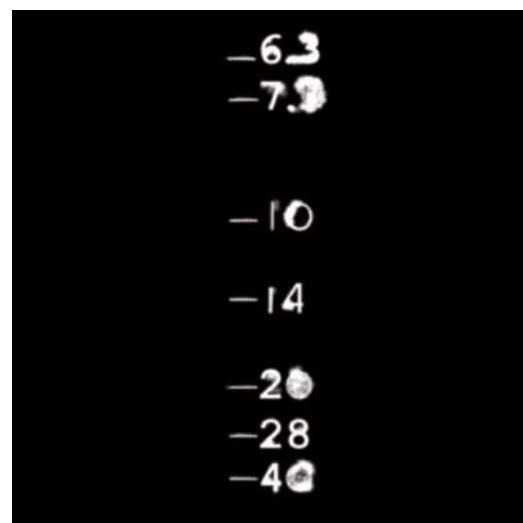


Fig. 5.3.35 – *Stencil* amb números d'augments

Un cop es tenen les dues plantilles, es crea un material que s'adeqüi a les característiques que tindran aquests caràcters, aquest material és el següent.

Podem veure que presenta un cert nivell negatiu de *Height*, per tal de simular el gravat enfonsat de les lletres sobre la superfície.

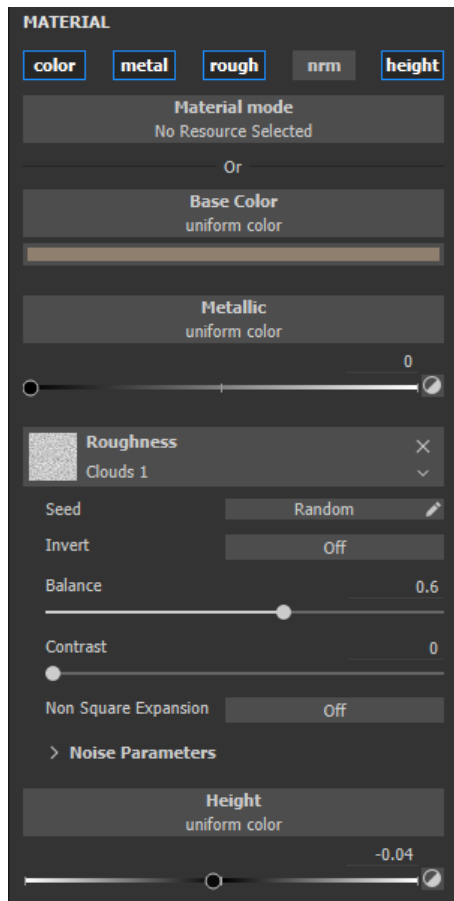


Fig. 5.3.36 – Característiques material dels *Stencils*

Finalment el resultat final és el següent (fig. 5.3.34) amb totes les capes de la figura 5.3.35



Fig. 5.3.37 – Resultat final Plantilles.

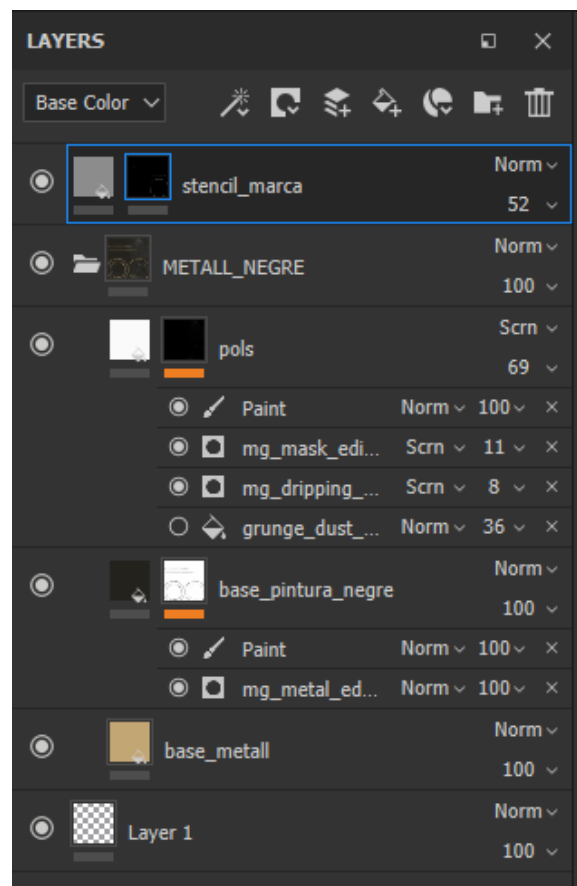


Fig. 5.3.38 – Capes finals de la textura del objectiu

## Exportació textures

Finalment, al tenir el resultat satisfactori de les textures de les peces, es procedirà a la exportació de les imatges que posteriorment seran concebudes dins el software *Cinema 4D* per fer el renderitzat final del model.

El procés d'exportació és força senzill, s'ha d'escollir els ajustos preestablerts segons el destí de les textures, en aquest cas, utilitzarem el *preset* per al motor de render que s'utilitza, *Redshift*. El fet d'escollir aquests ajustos preestablerts, facilita la posterior composició dels diferents mapes amb el motor de render especificat. Les textures s'exporten amb la màxima resolució possible amb format PNG i una profunditat de color de 16 bits. S'han escollit aquets ajustos per tal de que la imatge final renderitzada no perdi el més mínim detall de les textures.

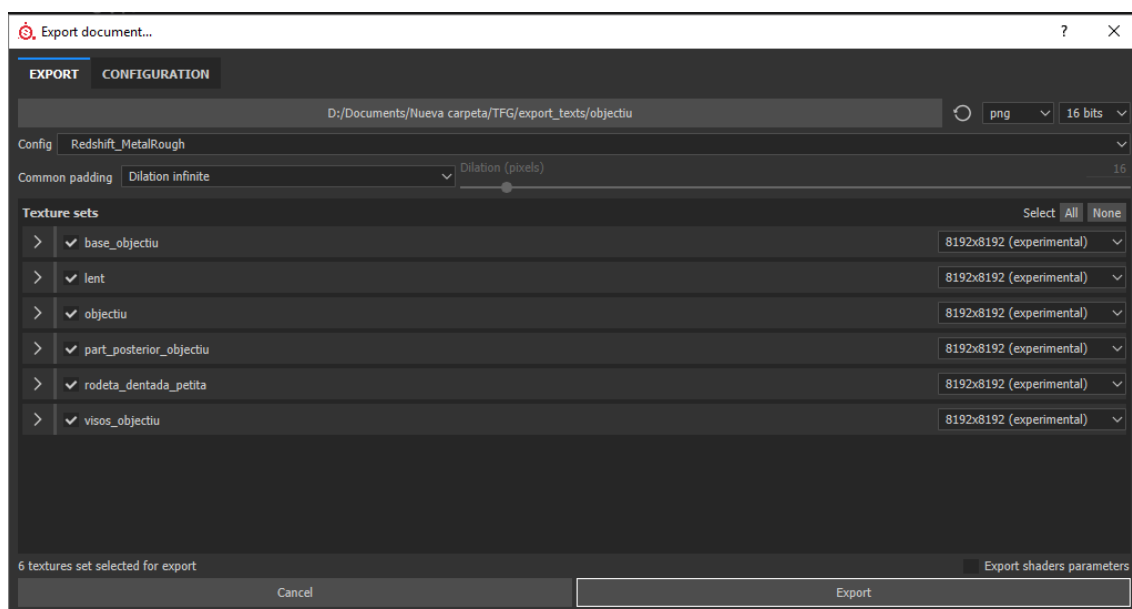


Fig. 5.3.39 – Quadre de diàleg per exportar les textures.

### Creació dels materials

Per procedir al renderitzat de les escenes finals, primer es crea un arxiu .OBJ de tota la càmera. Una vegada es té el model importat al *Cinema 4D*, es procedeix a crear els materials amb les imatges exportades.

Com bé sabem, es treballa amb el *workflow* anomenat PBR (*Physically Based Render*), utilitzant aquest procés, exportem una imatge per cada canal de render:

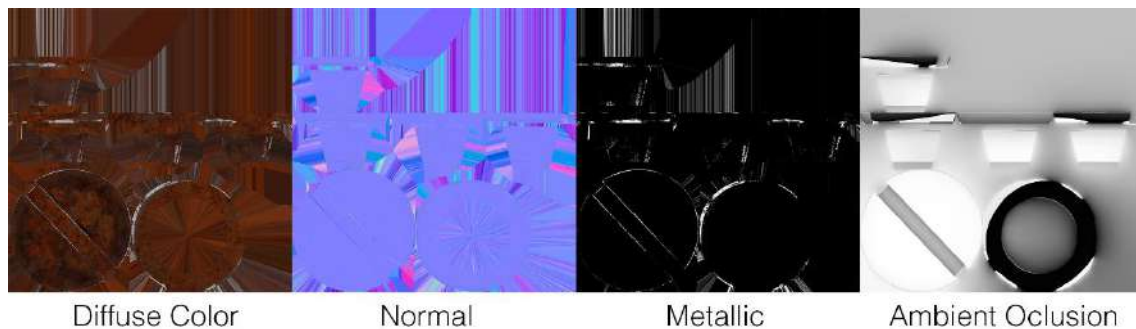


Fig. 5.3.40 – Mapes PBR que consoliden una textura

Seguidament, es comencen a crear els materials que seran els encarregats de compondre tots els mapes de textures, aquest material és específic per el motor de render *Redshift*.

Cada imatge de les textures es col·loca al seu respectiu canal del material (fig 5.3.41), obtenint així el resultat igual com el visualitzàvem al *Substance Painter*.

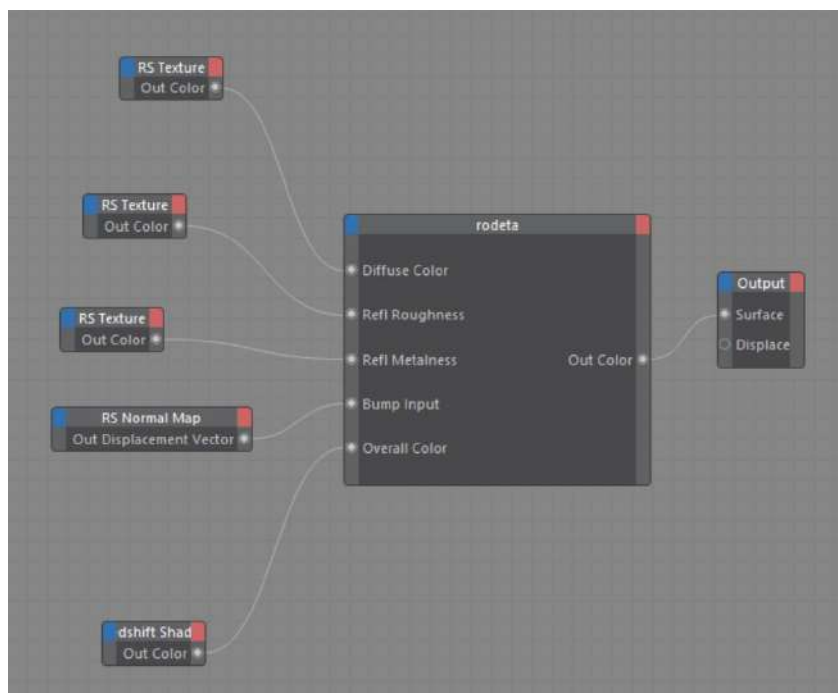


Fig. 5.3.41 – Composició dels diferents mapes de textura en un sol material

Ara, peça a peça es van creant els materials individualment i s'assignen a les peces corresponents.

## ***II·luminació i preparació de les escenes***

El següent pas és el d'il·luminar l'escena, o més ben dit, les diferents escenes que seran els renders finals. Aquestes escenes s'han generat en un mateix arxiu de Cinema, per treballar més còmodament.

S'han generat un total de 13 escenes de diferents punts de vista i il·luminacions de la càmera. Cinc d'aquestes escenes, corresponen a les vistes superior, laterals, frontal i posterior, igual que les imatges que es van capturar de la càmera real. Les altres imatges restants són la majoria d'elles plans detall de diferents parts de la càmera que he considerat oportú capturar, per mostrar el nivell de detall des d'un punt de vista més apropat.

El *workflow* per crear i preparar cada escena ha estat el següent:

1. Crear la càmera 3D i col·locar-la com es desitgi fins a aconseguir el punt de vista adequat, independentment de la il·luminació.
2. En el cas de les escenes de les vistes, la il·luminació s'ha replicat com era en realitat, dues fonts de llum laterals. En algun cas, s'ha afegit alguna altre llum per reforçar zones poc definides o augmentar i generar certs reflexes determinants. En els altres casos, la il·luminació s'ha generat de manera similar, fins a aconseguir els reflexes i la percepció de les textures adequada. En tots els casos, s'han utilitzat llums d'àrea.

3. Per cada escena, s'ha creat un terra sense fi per tal de que el fons fos neutre, finalment s'ha escollit un to fosc per donar més presència a la càmera.  
L'objecte texturitzat no es mou del mateix lloc en totes les escenes, sinó que el que es modifica són els diferents terres sense fi, les càmeres i les fonts de llum.
4. Per treballar més còmodament, tots els elements que conformen una escena són agrupats, d'aquesta manera és pot activar i desactivar tot el paquet sense influir en les altres escenes.

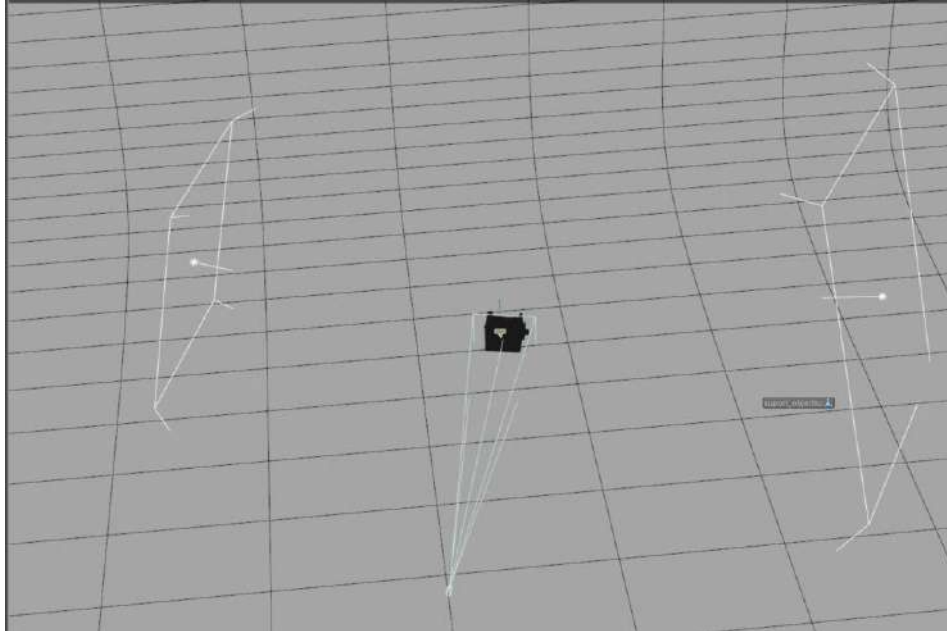


Fig. 5.3.42 – Esquema de llum per les vistes isomètriques

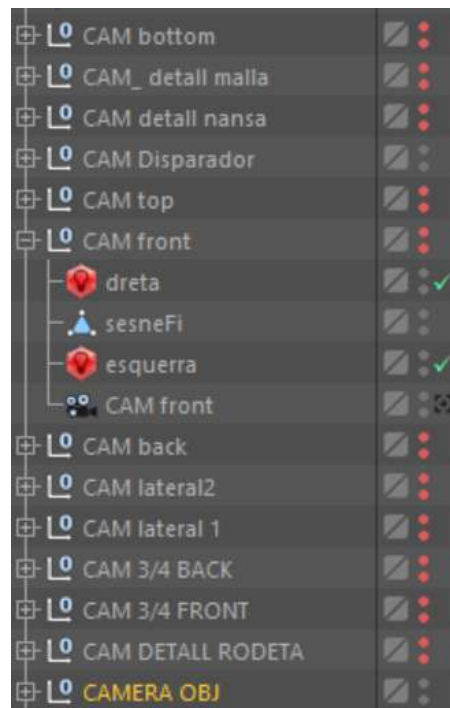


Fig. 5.3.42 – Paquets amb els elements de cada escena

En totes les escenes, s'ha seguit un esquema d'il·luminació establert per als professionals del sector, aquest esquema de llum consta d'una llum principal, la qual, té la funció d'il·luminar l'escena de forma global, una secundària per realçar les zones on la principal no incideix directament i, com bé s'ha comentat en el punt 2, alguna altra llum per generar determinats reflexes i especularitats. Aquestes llums d'efecte, ens serveixen per evitar que, per exemple, en certs metalls s'apreciïn els reflexes i que no quedi com a un material mate, aquesta tècnica respon als anomenats grups d'angles dels metalls.

En determinades escenes s'ha requerit la utilització d'una quarta llum per il·luminar el fons i per tal de què aparegui homogeni.

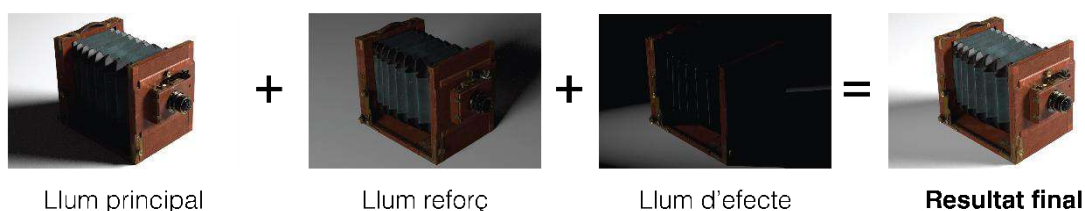


Fig. 5.3.43 – Diferents fonts de llum que comprenen una escena

Les ombres que es generaven, s'han modificat mitjançant l'àrea efectiva de les fonts de llum, en cas que es volguessin ombres més dures i marcades, l'àrea de la llum és més gran, en el cas contrari, més petita, i conseqüentment amb més intensitat.

Una altra tècnica, que en algunes de les imatges s'ha utilitzat, és la imitació de la profunditat de camp en aquelles escenes de detall, on la càmera es troba més a prop de l'objecte i, per tant, la profunditat de camp redueix. En aquestes imatges, s'ha utilitzat una mida de sensor petit entre 18 i 24 mm, per tal de tenir un camp de visió més ampli. S'ha activat la opció de *Bokeh*, que la seva principal funció és el desenfocament d'allò que es troba fora del camp focal de la càmera, el qual s'estableix on a de ser. Aquest efecte és present en totes les captures, però en les imatges de les vistes, aquest efecte es troba amb menys intensitat, ja que la profunditat de camp és més petita. Aquesta tècnica proporciona un aspecte molt més realista a les imatges.



Fig. 5.3.44 – Exemple de desenfocament per la profunditat de camp



## Renderització final de les escenes

Finalment un cop es tenien totes les escenes preparades, el següent pas, és renderitzar-les. Aquest procés, no comporta molta dedicació, ja que l'única tasca a realitzar és definir els ajustaments adequats per tal de que el resultat final sigui òptim i sense soroll.

L'únic que cal tenir en compte en aquest important procés, és gestionar-se el temps adequadament i preveure possibles irregularitats o problemes, sempre anteriorment de començar a renderitzar, ja que els temps de render en algun cas ha superat la hora.

Per tal d'evitar problemes i elements no desitjables o que no acabin de fer el pes, es fa una previsualització amb l'*IPR* (*Interactive Photorealistic Rendering*) del motor de render. Aquesta utilitat, permet veure en temps real, l'aspecte que tindrà el render final, en altres paraules, esta renderitzant constantment i es poden veure els canvis que s'efectuen i analitzar com queden. L'*IPR*, treballa a menys resolució i mostres, per aquest motiu és molt ràpid i eficaç.

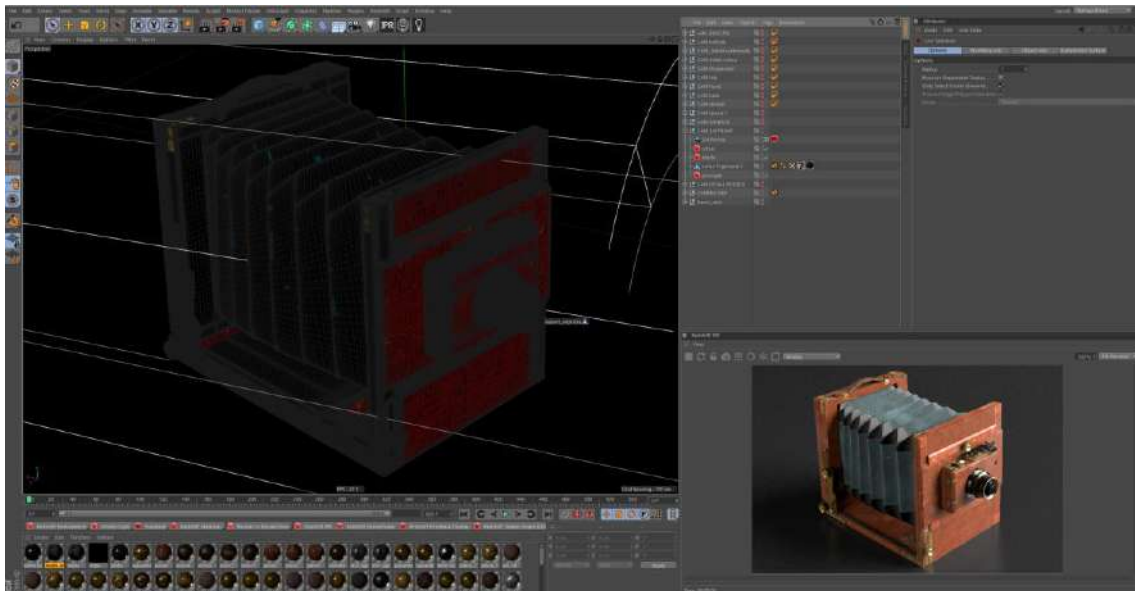


Fig. 5.3.45 – IPR en funcionament

Després de confirmar l'aspecte final que tindran les escenes mitjançant l'*IPR*, es procedeix a definir els paràmetres propis del motor de render. Aquests paràmetres bàsicament són els següents:

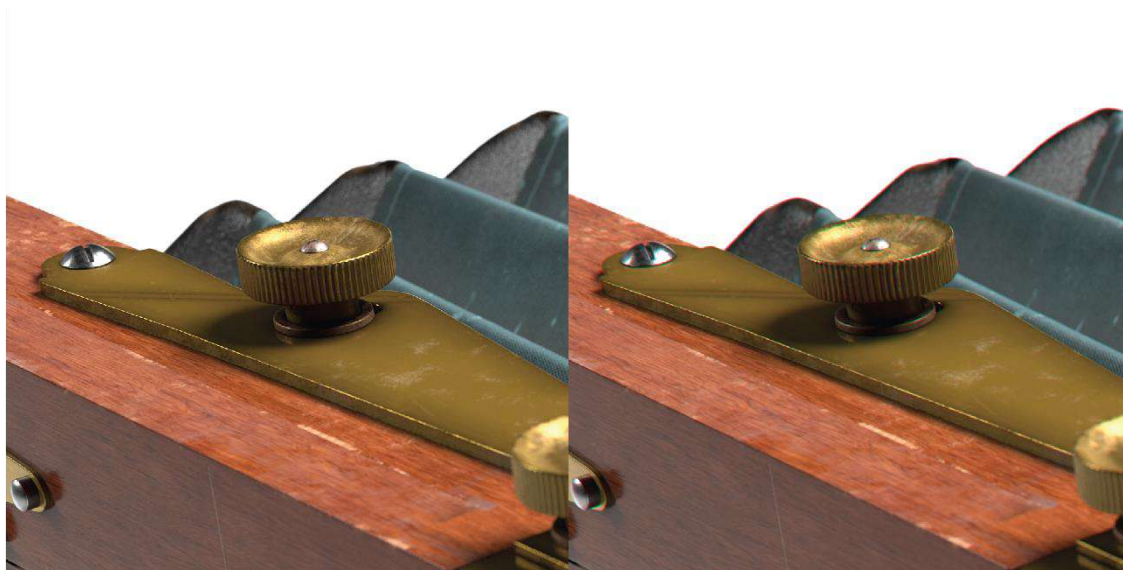
1. Definir les dimensions de les imatges de sortida. S'ha escollit una resolució de 7029x4686 píxels, amb aquestes dimensions prou altes, es poden apreciar millor les textures.
2. Precisar una ubicació per guardar la imatge i determinar el format de sortida, s'ha escollit format TIFF a 16bits per canal de color, l'avantatge d'aquest format és el fet que conserva tota la informació ja que no comprimeix la imatge.
3. Finalment s'han d'ajustar els valors més tècnics per a una millor resolució, neta i sense soroll ni imperfeccions. Aquests paràmetres es tracten mitjançant les *Samples*. Són valors numèrics que el què defineixen és el número de vegades que es calcula una porció determinada del render final. L'avantatge de treballar amb el motor de render *Redshift*, és que té una funcionalitat molt interessant en la qual es defineix un rang de *Samples*, per exemple de 16 a 2048, això significa que en les zones on es requereix més càlcul computacional, com per exemple els reflexes i rebots de la llum i les ombres, es calcularan com a màxim 2048 vegades, en canvi, a les zones on es necessita menys càlcul, com a mínim es calcularan 16 vegades.  
El mateix motor de render identifica aquestes zones, aquesta funcionalitat es tradueix principalment en eficiència del temps de render.  
S'ha escollit un rang de 32 a 2048 mostres, més que suficient per obtenir bons resultats.
4. Les pròpies fonts de llum també disposen d'un valor de mostres que també ajuden a optimitzar la resolució i reduir el soroll.

### 5.3. POSTPRODUCCIÓ

La última fase del projecte és la postproducció, en la qual, es retocaran els renders de cada escena individualment prèviament creats. S'ha utilitzat el programa *Photoshop* per dur a terme aquests retocs. Tots els retocs i modificacions és realitzen mitjançant noves capes superiors a la imatge original per tal d'analitzar els canvis individualment.

Els ajustos i modificacions que es realitzen són principalment les següents:

1. S'aplica una correcció de lent, anomenada aberració cromàtica. Aquest efecte és una distorsió òptica en la qual la càmera no pot enfocar tots els colors en un únic punt de convergència, resultant així en les vores, un subtil desplaçament del color magenta i cian de la imatge. Utilitzant aquesta tècnica, per molt poc perceptible que sembli, proporciona un toc de realisme més fidel. (veure Fig 5.3.46)



Sense aberració cromàtica

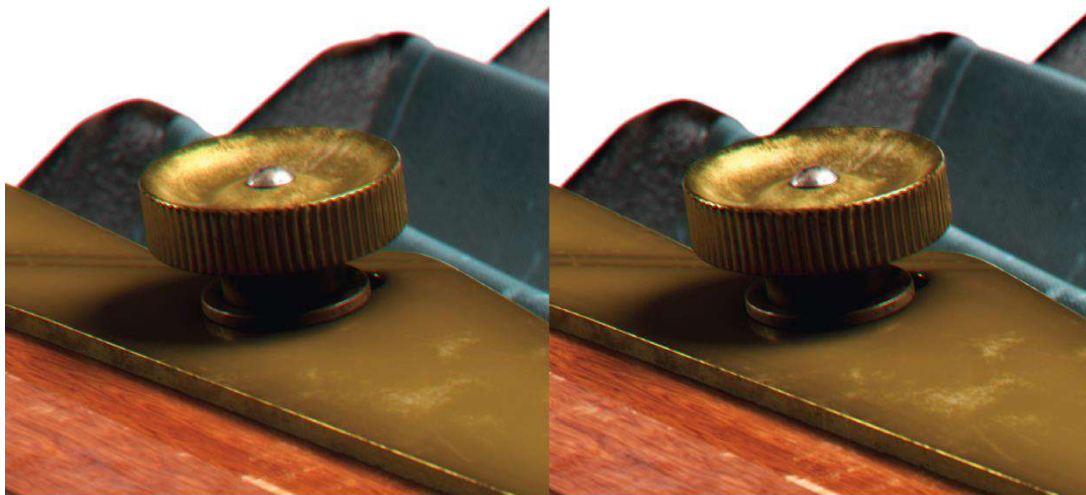
Amb aberració cromàtica

Fig. 5.3.46 – Aberració cromàtica

2. Un cop es té la capa amb la aberració aplicada, el següent pas és desenfocar subtilment la imatge, ja que el render, tot i tenir un desenfocament propi de la càmera, les zones són massa definides, i nítides. Es fa una còpia de la capa i es desenfoca mitjançant un filtre de desenfocament gaussià amb una mesura de 5px.

Aquesta capa posteriorment és fusionada amb la resta amb el mode de fusió llum suau, d'aquesta manera, els resultats desenfocats es troba per sobre del original, aquest resultat de desenfocament, és pot augmentar o reduir mitjançant la opacitat de la capa.

3. Al aplicar el desenfoque, la imatge perd contrast i nitidesa, però ja interessa. De totes maneres, s'aplica un nou efecte per donar afilar i contrastar les vores i la imatge en general. Es duplica la imatge, es baixa la saturació al 100%, es selecciona el mode de fusió de superposar, i s'aplica un filtre de passa altes, d'aquesta manera es fusiona correctament amb les capes inferiors. (veure Fig. 5.3.46)

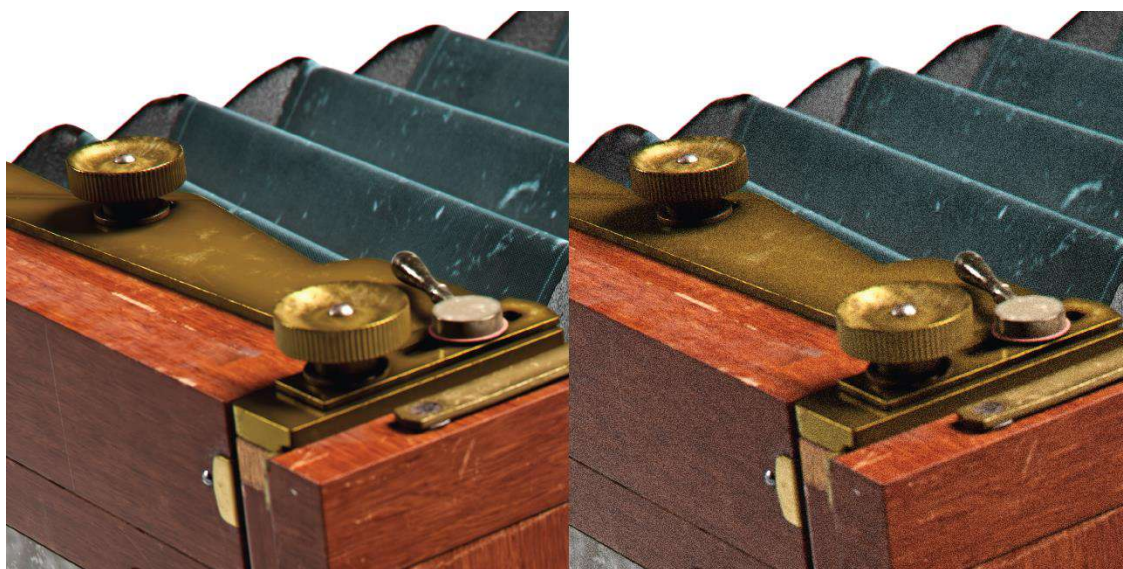


Sense filtre aplicat

Amb filtre aplicat

Fig. 5.3.47 – Filtre de perfilament i contrast.

4. Aplicar soroll i granulat, per embrutar una mica la imatge. Es crea una nova capa d'un color de 50% de gris, en aquesta capa se li aplica un filtre de soroll amb una quantitat de 15 píxels. Podem veure el resultat amb i sense soroll a la figura 5.3.48.



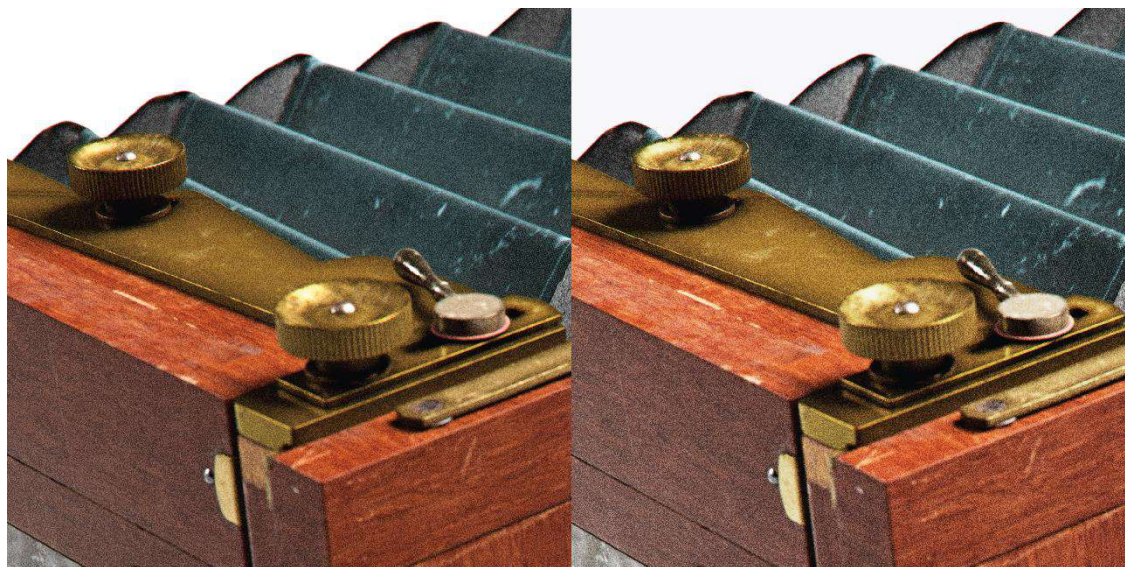
Sense granulat

Amb granulat

Fig. 5.3.48 – Filtre de granulat



5. L'últim pas passa per acabar de retocar la il·luminació, saturació, i exposició de la imatge al complet, el fet d'aplicar els dos filtres de desenfocament i refinament, provoca que la imatge final quedi molt saturada i molt contrastada, per aquest motiu s'ha de reajustar la il·luminació. S'utilitzen les eines de to i saturació i la de corbes. (veure Fig. 5.3.49)



Sense ajustaments d'il·luminació

Amb ajustaments d'il·luminació

Fig. 5.3.48 – Ajustaments d'il·luminació.

6. Finalment s'aplica un efecte subtil de vinyeteigat per enfosquir els extrems de la imatge.

Cal dir que per totes les escenes s'ha seguit els mateixos processos que els que s'han comentat, no obstant, depenent del punt de vista, i característiques bàsiques de la imatge els ajustaments s'hauran de modificar en més o menys intensitat. El què és d'especial importància, és que l'estil, estètica, color i lluminositat siguin iguals en totes les escenes.

Una característica que s'ha vist anteriorment que causava problemes era en les vistes en aquelles que apareix la manxa frontalment, es generava l'efecte *Moiré*, aquest és un efecte que provoca la trama de la textura de la manxa amb les pantalles, i conseqüentment apareixen unes ones i patrons no desitjats i molt poc atractius. Aquest problema s'ha solventat, creant una nova textura en la qual s'ha eliminat la trama de la textura de la manxa, d'aquesta manera no es genera aquest efecte.

A continuació es presenten totes les escenes, acabades i retocades.



Fig. 5.3.49 – Vista posterior

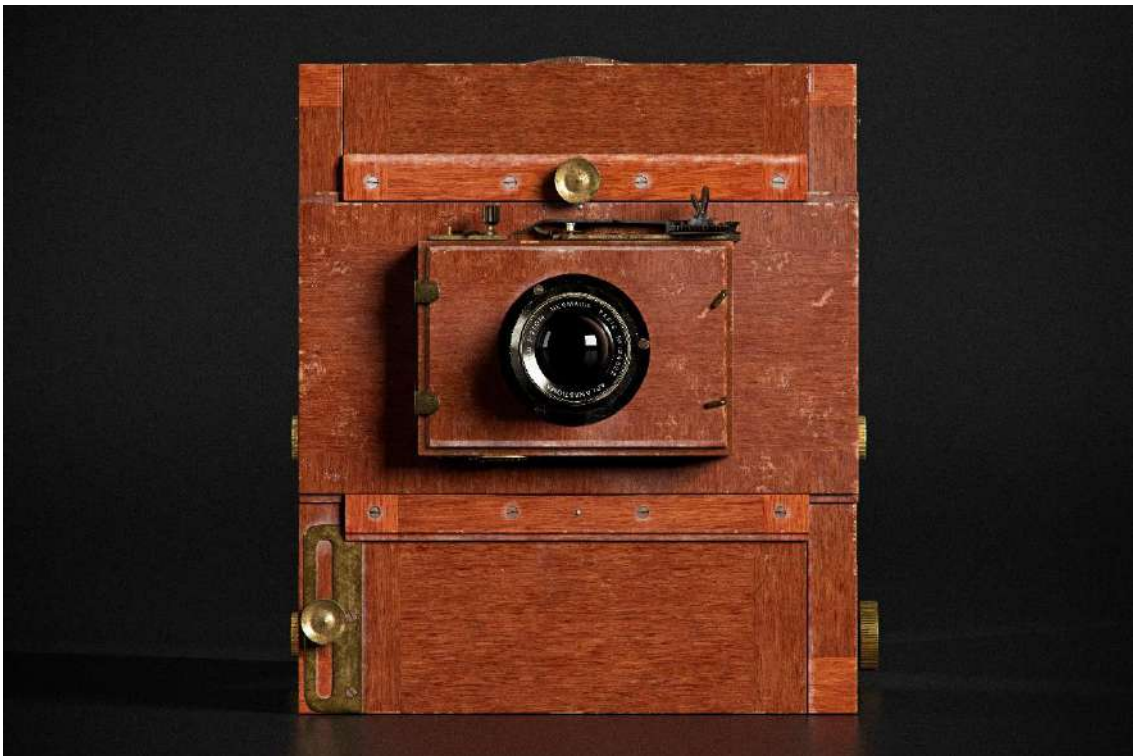


Fig. 5.3.50 – Vista frontal



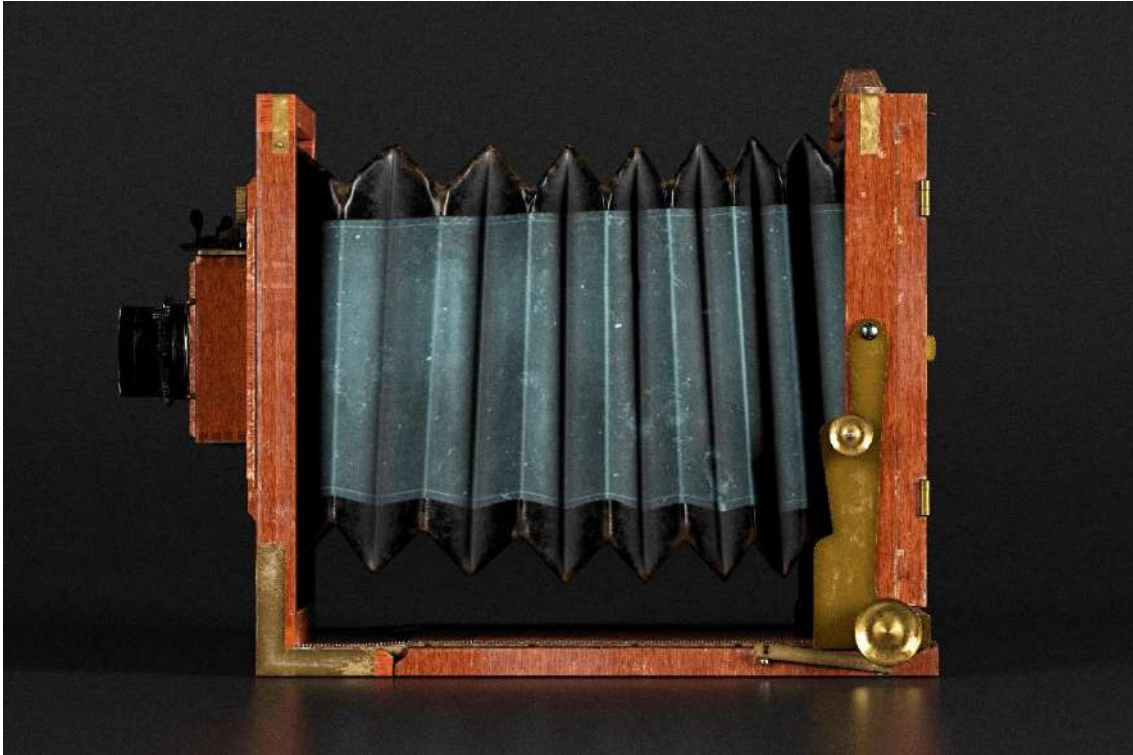


Fig. 5.3.52 – Vista lateral esquerda



Fig. 5.3.53 – Vista lateral dreta



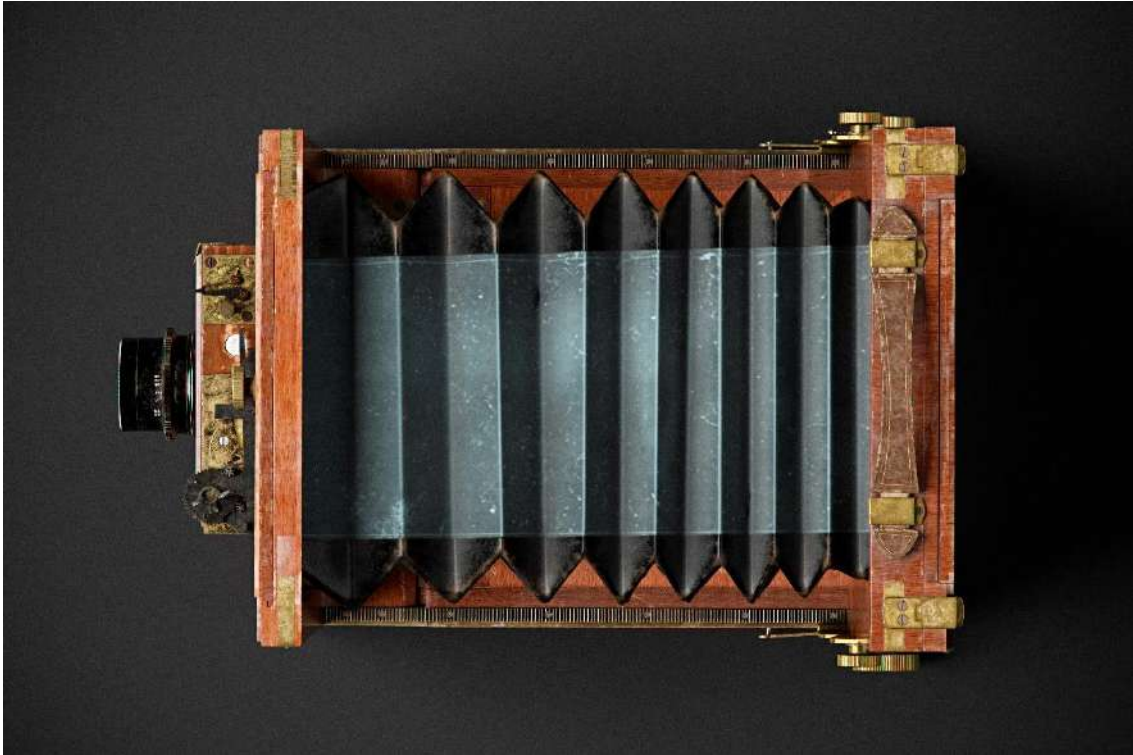


Fig. 5.3.54 – Vista superior



Fig. 5.3.55 – Vista tres quarts frontal



Fig. 5.3.56 – Vista tres quartos posterior



Fig. 5.3.57 – Vista tres quartos inferior





Fig. 5.3.58 – Vista detall disparador



Fig. 5.3.59 – Vista detall objectiu





Fig. 5.3.61 – Vista detall rodeta



Fig. 5.3.61 – Vista detall cantonada



Fig. 5.3.62 – Vista detall nansa



A continuació també es mostra una comparativa de les imatges finals obtinguts amb les imatges reals de la càmera. Cal dir que el fons s'ha canviat i s'ha escollit el negre, ja que s'ha considerat que els resultats eren estèticament millors i se li donava més presència a la càmera.

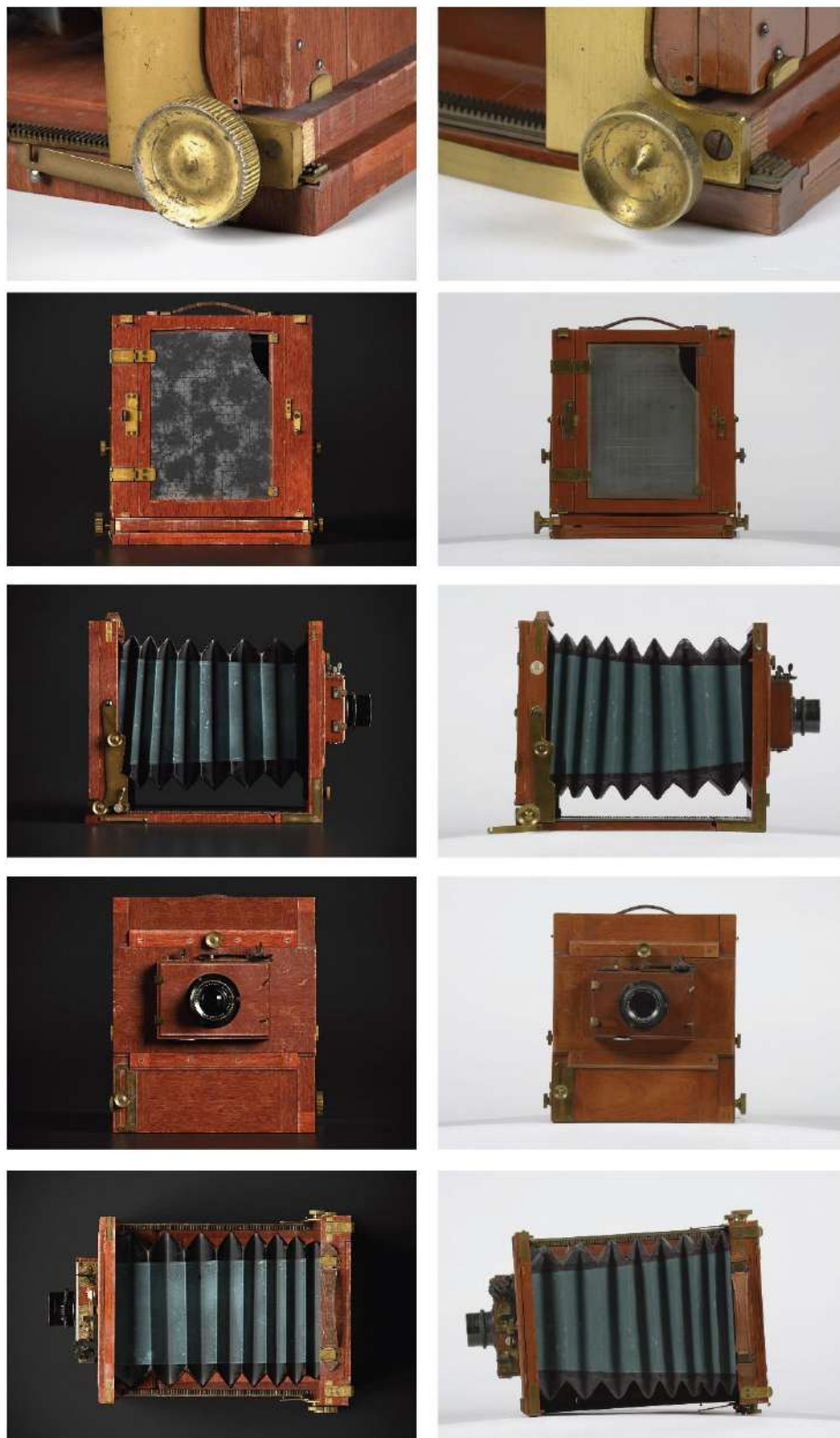


Fig. 5.3.63 – Comparació de imatges CGI amb les imatges reals

## 6. CONCLUSIONS I TREBALLS FUTURS

Sens dubte aquest projecte ha estat molt profitós per a mi. El nivell d'aprenentatge després de quatre mesos de recerca, treball i dedicació, ha estat molt gratificant ja que els resultats aconseguits considero que han estat prou bons.

L'execució d'aquest treball, inicialment era una mica difosa, ja que els principals programaris que he utilitzat per la realització del projecte, o bé en tenia molt poc coneixement o com en el cas de texturitzar, no els havia utilitzat mai prèviament. Per tant, el nivell d'aprenentatge ha estat molt elevat.

També he après un tret molt important que és la gestió d'un projecte d'aquestes característiques. He entès com s'ha d'estructurar un projecte d'aquesta envergadura, entendre les diferents fases, la preproducció, la producció i la postproducció, i el que és més important, complir les dates límit i seguir una planificació rigorosa.

En general, ha estat un treball entretingut i satisfactori, amb moments més avorrits de monotonia i persistència de tasques, i d'altres de més distrets com per exemple il·luminar les escenes. Personalment considero que la fase de texturitzar l'objecte ha estat la més gratificant, ja que al no ser coneixedor dels resultats que es podrien obtenir amb aquest programari, la admiració i espectacularitat dels seus resultats ha estat més impactant, i per tant, les ganes en seguir treballant augmentaven.

Es pot donar per cert que els objectius plantejats l'inici, han estat notablement assolits, sense endarreriments ni irregularitats que els puguin comprometre.

També cal dir, que alguns processos no s'han realitzat de la millor manera possible, com per exemple tota la fase de desplegar la malla per poder texturitzar-la posteriorment, existeixen eines més específiques per dur a terme aquest procés que ho faciliten. En el meu cas, es va fer un tant ràpid per poder arribar a una data límit, això va causar algun petit error de detall a la fase de texturització, en què el desplegament incorrecte ha influït directament en el resultat de la textura, però aquests petits errors s'han solucionat mitjançant eines específiques del programa *Substance Painter*.

Per tant, puc afirmar que el resultat final és satisfactori, però no perfecte, i podria ser sotmès a diferents tasques de millora. Per aquest motiu, pretenc continuar treballant amb aquest projecte un cop dipositat el treball, ja que crec que pot ser un bon suport com a treballs personals realitzats i conseqüentment com a part del meu portfoli personal.

Tinc previst realitzar una animació curta de caràcter publicitari amb un muntatge audiovisual atractiu des de diferents punts de vista. Considero que els resultats que he obtingut, s'han d'amortitzar i crear algun altre mètode de visualització més atractiu, no obstant, les imatges finals avaluables, les considero molt bones i més que assolidores dels objectius marcat



## 7. BIBLIOGRAFIA

**Informació sobre el CGI.** [Online] [Accés: 17 febrer 2017] Disponible:  
<https://excelsior.asc.ohio-state.edu/~carlson/history/>

**Informació sobre el CGI.** [Online] [Accés: 17 febrer 2017] Disponible:  
[https://www.electronicproducts.com/Computer\\_Peripherals/Display\\_Graphics/12\\_awesome\\_uses\\_of\\_CGI\\_technology.aspx?id=114](https://www.electronicproducts.com/Computer_Peripherals/Display_Graphics/12_awesome_uses_of_CGI_technology.aspx?id=114)

**Aplicacions del CGI a museus.** [Online] [Accés: 23 febrer 2017] Disponible:  
<http://www.uoc.edu/humfil/articles/eng/pujol0304/pujol0304.pdf>

**Vídeo exemple realitat augmentada** [Online] [Accés: 23 febrer 2017] Disponible:  
<https://www.youtube.com/watch?v=WOVjISxIhpU>

**Aplicacions del CGI** [Online] [Accés: 23 febrer 2017] Disponible:  
<https://www.quora.com/What-is-3ds-max-and-its-uses>

**Visualització de dades** [Online] [Accés: 23 febrer 2017] Disponible:  
<http://inlab.fib.upc.edu/es/blog/que-es-la-visualizacion-de-datos-dataviz>

**Escàner 3D** [Online] [Accés: 24 febrer 2017] Disponible:  
[http://i3mainz.de/sites/default/files/public/data/p05\\_Boehler.pdf](http://i3mainz.de/sites/default/files/public/data/p05_Boehler.pdf)

**Structured Light** [Online] [Accés: 24 febrer 2017] Disponible:  
<https://lmi3d.com/company/digital-hub/blog/structured-light-vs-laser-triangulation-3d-scanning-and-inspection>

**Fotogrametría** [Online] [Accés: 19 febrer 2017] Disponible:  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/27416/1408-3836-SM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Comparació motors render** [Online] [Accés: 19 febrer 2017] Disponible:  
<https://www.c4dcafe.com/ipb/forums/topic/99657-arnold-vs-redshift-a-simple-comparison/>

**Exemple real** [Online] [Accés: 19 febrer 2017] Disponible:  
<https://www.behance.net/gallery/4446187/Canon-A1-Camera>

## 7. ANNEXOS

Al apartat dels annexes s'adjunten les fotografies finals a part, mantenint la seva qualitat original per tal de poder analitzar-les amb més detall.

A més a més s'ha creat un vídeo d'un minut on es mostra de manera resumida el procés de desenvolupament de tot el treball.

Llink: <https://vimeo.com/276448613>